1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

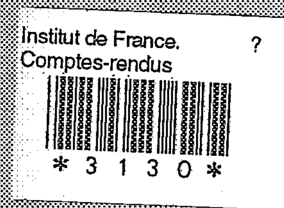
HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 1 (2 Juillet 1923).



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

Article 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-DIX-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1923**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Howard*, directeur du Service entomologique des États-Unis, et à M. *Bœltker*, professeur de l'Université de Kristiania, qui assistent à la séance.

CHIMIE. — *La quatrième Conférence internationale de la Chimie pure et appliquée.* Note de M. **Auguste Béhal.**

L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée vient de tenir sa quatrième Conférence à Cambridge du 16 au 20 juin. 21 nations étaient représentées et le nombre des congressistes était de 144.

La France avait une délégation de dix-sept représentants qui comprenait, entre autres, cinq membres de notre Académie : MM. Haller, Moureu, Lindet, Bertrand et Béhal, président de la Fédération française.

Conformément aux statuts, le Conseil de l'Union internationale de la Chimie a procédé à l'élection de son bureau.

La proposition faite à Lyon de porter le nombre des vice-présidents à six a été acceptée et le Conseil a désigné à l'unanimité MM. Cohen (Pays-Bas) et Sakurai (Japon) comme vice-présidents.

Sir William Pope a suggéré de porter à huit le nombre des vice-présidents; sa proposition sera soumise au Conseil lors de la prochaine Conférence.

L'admission du Brésil qui adhère par son gouvernement a été prononcée à l'unanimité.

Conformément aux décisions du Conseil international de Recherches, la demande d'admission faite par l'Esthonie est renvoyée à ce Conseil qui doit désormais statuer au préalable.

Sur l'invitation des délégués du Danemark, le Conseil décide de tenir la prochaine Conférence à Copenhague.

Les diverses Commissions se sont réunies à l'Arts School; elles ont délibéré sur les questions à l'ordre du jour et ont abordé de nouveaux sujets. De nombreuses résolutions ont été prises et ne peuvent être résumées.

Au cours de la Réunion, plusieurs Conférences ont été faites :

Nature des solutions savonneuses, par M. J. W. Mc Bain F. R. S.;

Récents développements de la catalyse, par E. K. Rideal;

Nouveaux aspects de la tautomérie, par J. F. Thorpe F. R. S.;

Mécanisme chimique des oxydations dans les tissus vivants, par M. F. Gowland Hopkins F. R. S.

La vieille cité universitaire de Cambridge était bien choisie pour le siège de la Conférence et les délégués ont pu parcourir à loisir les divers collèges et s'initier à la vie scolaire anglaise. Ils ont eu la bonne fortune de visiter les laboratoires de recherches d'où sont sorties tant de belles découvertes, entre autres ceux de sir J. J. Thomson, de sir William Pope, du professeur Aston, etc.

Les délégués étrangers, logés pour la plupart dans les collèges ou dans des familles, conserveront un souvenir inoubliable de l'hospitalité qu'ils ont reçue.

Le banquet annuel de l'Union, offert par le *British Federal Council for Pure and Applied Chemistry*, eut lieu dans le hall admirable du Trinity College.

Sir William Pope présidait, entouré de M. le Rev. E. C. Pearce D.D., vice-chancelier de l'Université de Cambridge, et de sir J. J. Thomson D.M. F.R.S., Master du Trinity College.

Au dessert, le toast au Roi fut proposé par le président. Les toasts suivants furent portés : *à l'Université de Cambridge*, par M. le professeur Albin

Haller, président de l'Académie des Sciences de France, au nom des Académiciens scientifiques des pays représentés; *à l'Union internationale de la Chimie pure et appliquée*, par M. le professeur Wilder D. Bancroft, vice-président de l'Union, au nom des délégations étrangères; *à la prospérité des gradués honoraires*, par Sir J. J. Thomson O. M. F. R. S., Master du Trinity College. Il y fut répondu par M. le Rev. E. C. Pearce D. D., vice-chancelier de l'Université; par Sir William Pope K. B. E. F. R. S., président de l'Union, et par le professeur E. S. Cohen, vice-président de l'Union.

Durant la conférence, on procéda avec les formes traditionnelles à la nomination de sept docteurs ès sciences *honoris causa*. Ont été nommés : M. Albin Haller, M. Wilder D. Bancroft, M. Charles Moureu, R. Nasini, M. E. S. Cohen, M. F. Swartz et M. A. Pictet.

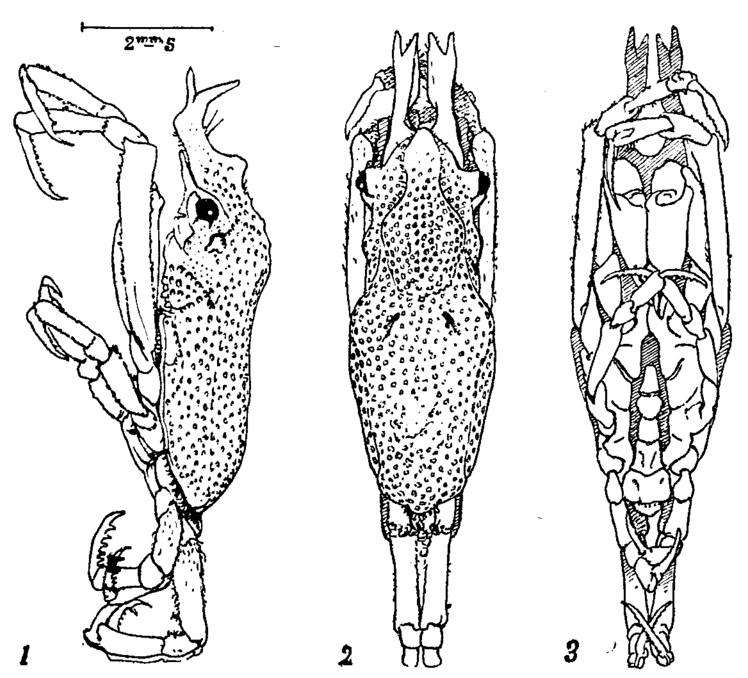
Le séjour dans la vieille cité universitaire ressuscitait chez les congressistes le souvenir des premières années de labeur dans la recherche et il faut noter la ferveur et le respect que tous avaient conservé pour leurs premiers maîtres. Il y a là une source incontestable d'influence morale.

Jadis les laboratoires français (oh combien misérables !) ont pu accueillir, parfois, quelques travailleurs étrangers qui ont tracé leur sillon dans le champ de la science. Aujourd'hui où la Chimie a grandi et grandit encore d'une façon si extraordinaire qu'on ne peut trouver de terme convenable pour la qualifier, ce n'est pas quelques isolés que la France doit accueillir, mais tous ceux qui se présenteront. Si la France veut conserver son prestige, il faut créer un enseignement spécial des recherches, il faut que des laboratoires soient construits assez vastes pour recevoir les étrangers, tous les étrangers et tous les Français qui voudraient y travailler. Il faut que ces laboratoires soient dotés de tout l'outillage moderne. Il y va pour elle d'une partie de son influence morale qui se rattache au rôle qu'elle doit jouer dans le monde.

BIOLOGIE. — *Sur l'adaptation à la vie arboricole d'un Crabe de Madagascar* (Stenocarabus suspensus *Gravier*). Note de M. Ch. Gravier.

De son exploration à Madagascar (1920-1922), M. G. Petit, préparateur au Muséum d'Histoire naturelle, a rapporté des collections variées et importantes d'animaux; parmi ceux-ci, il faut signaler un petit Crabe provenant des récifs de coraux de Tuléar, dont j'ai fait connaître les caractères

essentiels ([1]) et qui présente une adaptation singulière — et inattendue dans ce groupe d'Arthropodes — à la vie arboricole. Cette expression est prise ici dans le sens large que lui a donné R. Anthony ([2]) et s'applique non seulement aux animaux qui vivent dans les arbres, mais à tous les êtres qui prennent la même attitude que ceux-ci, comme certains Poissons et certains Reptiles, par exemple.



1. Vue de profil de l'animal. — 2. L'animal vu par la face dorsale. — 3. L'animal vu par la face ventrale.

Il n'a été recueilli malheureusement qu'un seul exemplaire (un mâle) de ce Crabe, sans indication précise d'habitat. Il paraît extrêmement vraisemblable, d'après l'aspect général du corps et surtout d'après la conformation et la disposition des pattes ambulatoires, que c'était un animal accroché à un support probablement vertical. Dans les régions d'où il provient, le fond de la mer, entre les massifs de Madréporaires, était couvert de *Cymodoce*. M. G. Petit ne peut affirmer que le Crustacé était fixé sur ces plantes.

([1]) Ch. Gravier, *Sur un nouveau type de Crabe* (Stenocarabus *nov. gen.*, suspensus *nov. sp.*) *de Madagascar* (*Bull. Mus. Hist. natur.*, t. 29, 1923, p. 214).

([2]) R. Anthony, *Contribution à l'étude morphologique générale des caractères d'adaptation à la vie arboricole chez les Vertébrés* (*Ann. Sc. natur. Zool.*, 9e série, t. 15, 1912).

La carapace est de forme très allongée ; elle porte, en avant et de chaque côté, une grande corne bifurquée à l'extrémité libre, dont la longueur atteint le tiers environ du reste de la carapace (*fig.* 1 et 2). En avant, entre les bases des deux cornes, le bord frontal se relève en une saillie bien marquée. Toute la face dorsale de la carapace est couverte de petits tubercules à contour arrondi, non disposés régulièrement, sur lesquels sont implantées des soies, les unes droites, les autres recourbées en hameçon ; c'est sur ces soies que se fixent les particules vaseuses qui recouvraient entièrement l'animal. Les yeux, pédonculés et rétractiles, sont enclos dans des orbites saillantes à la partie antérieure du corps.

Ce qui frappe immédiatement quand on observe ce Crustacé de Madagascar, c'est la disposition des appendices. Les pinces, plutôt faibles, ne sont pas visibles sur l'animal regardé par la face dorsale, dans l'attitude du repos ; elles le sont à peine, quand on l'examine de profil, parce qu'elles sont masquées, de chaque côté, par les pattes de la seconde paire insérées extérieurement à elles. Celles-ci, qui correspondent à la première paire de pattes ambulatoires, sont dirigées en avant, comme pour saisir un support. Leur partie basilaire est orientée parallèlement au plan de symétrie du corps ; leur partie moyenne est presque normale à la précédente, et leur griffe terminale, armée d'une série de pointes, est sensiblement normale à la partie moyenne et est orientée vers le plan de symétrie du corps, de sorte que l'ensemble forme un crochet propre à embrasser fortement un support sur lequel s'appliquerait le corps de l'animal.

Les pattes ambulatoires de la seconde paire, plus courtes, ont la même attitude que celles de la première paire. Il en est de même pour celles de la troisième et de la quatrième paire, mais celles-ci sont dirigées en arrière. Les parties basilaires des pattes ambulatoires de la quatrième paire sont insérées à la partie postérieure du corps qu'elles semblent prolonger, car elles sont presque tangentes intérieurement. Ces pattes sont plus courtes que celles de la première paire, mais plus longues que celles de la troisième ; celles-ci sont un peu plus courtes que celles de la seconde. Ces deux paires intermédiaires, les moins développées, ne sont pas visibles sur l'animal examiné par la face dorsale. Si donc on numérote les paires de pattes ambulatoires de 1 à 4, en partant de l'extrémité antérieure du corps, l'ordre de grandeur décroissante de ces appendices est le suivant : 1, 4, 2, 3. Les formules correspondantes, chez les différents Crabes, sont fort variées ; mais, à ma connaissance, celle du Crabe de Tuléar n'a jamais été signalée jusqu'ici. Des pattes ainsi disposées, au point de vue de la forme et de la

taille, ne sont pas faites pour marcher, mais pour maintenir sur son support l'animal qui en est pourvu.

Dans son Mémoire sur l'adaptation à la vie arboricole, R. Anthony distingue trois subdivisions parmi les animaux qui sont le mieux adaptés à ce genre d'existence : 1° des marcheurs peu modifiés et qui sont aptes à se tenir et à progresser sur les branches, en s'aidant de griffes puissantes, comme les Félins arboricoles; 2° les animaux aptes à saisir les branches, comme les Singes anthropoïdes; 3° ceux dont les extrémités des membres sont transformées en véritables crochets et qui sont suspendus d'une façon plus ou moins passive, ce qui correspond au stade ultime de l'adaptation, réalisé chez les Paresseux.

S'il était possible de comparer entre eux des animaux aussi dissemblables à tous égards que les Mammifères et les Crustacés, c'est de la troisième subdivision que le Crabe de Tuléar s'éloignerait le moins. Chez la grande majorité des Crabes, animaux essentiellement marcheurs, les pattes ambulatoires s'étalent tout autour du corps, de façon à fournir une large base de sustentation et reposent sur le sol par les extrémités des doigts terminaux. Chez l'Oxyrhynque de Madagascar, elles se disposent parallèlement au plan de symétrie dans leur région basilaire et s'en rapprochent de plus en plus d'avant en arrière. La partie basilaire des pattes ambulatoires de la première paire continue en avant, pour ainsi dire, la région latérale du corps de chaque côté; la seconde et la troisième paire sont entièrement couvertes par la carapace; dans la quatrième paire, la partie basilaire est, en arrière, dans le prolongement direct du corps. En outre, les moitiés distales de tous ces appendices, plus ou moins fortement coudées sur les moitiés proximales, vers le plan de symétrie, s'entre-croisent sous le corps et à quelque distance de ce dernier, comme pour embrasser un support tel qu'une branche ou une tige étroite. Ces appendices se terminent chacun par une longue griffe armée de pointes très saillantes, aptes à fixer l'animal sur son support. En un mot, les pattes paraissent bien être transformées en crochets permanents. Les pattes antérieures sont les plus développées, puis viennent les pattes postérieures; ce sont ces deux paires d'appendices qui jouent le rôle principal dans la fixation de l'animal au support. Les deux autres paires de pattes intermédiaires n'ont vraisemblablement qu'une importance secondaire à ce point de vue.

Cette transformation des membres en sortes de crochets permanents se retrouve chez les Paresseux. De plus, chez le Crustacé de Madagascar, le corps participe à l'allongement des membres des deux paires extrêmes. Il y

a encore un caractère propre aux arboricoles suspendus qu'il eût été intéressant de vérifier ici, c'est l'atrophie des muscles extenseurs des membres et l'hypertrophie des muscles fléchisseurs. N'ayant qu'un exemplaire unique à ma disposition, il m'était impossible de le tenter.

Il faut noter que la vie arboricole fixée, qui est probablement celle du Crabe de Tuléar et qui le condamne presque à l'immobilité, n'est pas bien différente, au fond, de celle que mènent la plupart des Crustacés de la même tribu, celle des Oxyrhynques. Ceux-ci sont des animaux d'allure lente; un certain nombre d'entre eux se déguisent en recouvrant leur corps d'objets empruntés au milieu environnant, qu'ils miment parfaitement et dans lequel ils demeurent sans mouvement; ils ne détendent leurs pinces que pour saisir quelque proie passant à leur portée.

La fixation à un support ou l'adaptation à la vie arboricole est extrêmement rare chez les Crustacés Décapodes. On n'a guère cité jusqu'ici, d'une façon positive, que le Birgue larron (*Birgus latro* Herbst) ou Crabe des Cocotiers. Ce singulier animal, du sous-ordre des Anomoures, doit grimper sur les Cocotiers à l'aide surtout de ses deux premières paires de pattes ambulatoires, puissantes et trapues, qui paraissent construites pour embrasser le support sur lequel l'animal peut se déplacer. On n'a point signalé, jusqu'ici, à ma connaissance du moins, de fait semblable chez les Crabes proprement dits.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrale singulière et sur un problème de la théorie des tourbillons.* Note [1] de M. **Henri Villat.**

Dans une Note antérieure [2], j'ai attiré l'attention sur certaines équations intégrales, rencontrées en Physique mathématique, et qui possèdent des propriétés inattendues. Dans les lignes suivantes, je voudrais tout d'abord indiquer une nouvelle équation de ce genre, puis la solution d'un problème d'Hydrodynamique auquel elle se rattache.

Dans la théorie de l'équation de Fredholm, on connaît déjà des exemples d'équations où la solution n'est pas unique et dépend d'un paramètre (cf. par exemple l'équation de M. H. Weyl, *Mathemat. Annalen*, t. 66, 1908).

(1) Séance du 25 juin 1923.
(2) *Comptes rendus*, novembre 1921.

L'équation ci-dessous, dont le type se rapproche un peu de celui de Fredholm, présente des singularités beaucoup plus extraordinaires.

Il s'agit ici de l'équation

$$\int_0^{2\pi} [\Phi(s)-\Phi(\varepsilon)]\,\zeta\frac{\omega_1}{\pi}(\varepsilon-s)\,ds+2\eta_1\left(\frac{\varepsilon}{\pi}-1\right)\Phi(\varepsilon)+\frac{\pi}{\omega_1}\log|\Phi'(\varepsilon)|$$
$$=\frac{\pi}{\omega_1}\log\frac{\sigma_2\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)\sigma_3\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)}{\sigma^2\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)}+C,$$

dont il faut trouver les solutions $\Phi(\varepsilon)$ définies dans l'intervalle $0, 2\pi$. Les fonctions ζ et σ_α sont celles bien connues de la théorie des fonctions elliptiques, les demi-périodes étant ω_1 et ω_3. Bien que l'on puisse préciser toutes les solutions, je n'envisagerai que celles dont l'Hydrodynamique a à faire usage, et qui satisfont à la condition

$$\int_0^{2\pi}\Phi(\varepsilon)\,d\varepsilon=3\pi^2.$$

Il y a des infinités de telles solutions, dépendant d'autant de paramètres que l'on voudra; elles sont caractérisées par le nombre des discontinuités, chaque nouveau paramètre introduit manifestant l'existence d'une discontinuité nouvelle (de première espèce). Parmi ces intégrales, il y en a une infinité qui sont continues; elles sont données par la formule

$$\Phi(\varepsilon)=\pi-\operatorname{arc\,tang}\frac{\operatorname{cn}\left(\frac{2K\varepsilon}{\pi}\right)}{k'\operatorname{sn}\left(\frac{2K\varepsilon}{\pi}\right)}+2\operatorname{arc\,tang}\frac{\lambda k'\operatorname{sn}\left(\frac{2K\varepsilon}{\pi}\right)}{\operatorname{dn}\left(\frac{2K\varepsilon}{\pi}\right)-\lambda\operatorname{cn}\left(\frac{2K\varepsilon}{\pi}\right)},$$

où les fonctions sn, cn, dn sont construites sur les demi-périodes $K=\frac{\omega_1}{2}$, $K'=-i\omega_3$, et où k' est le module complémentaire de ces fonctions. Les arcs tangentes doivent être suivis par continuité, en choisissant les déterminations qui sont nulles pour $\varepsilon=\frac{\pi}{2}$ et $\varepsilon=0$ respectivement; λ est un paramètre arbitraire; il est commode de s'imposer la condition

$$2\omega_1=\pi q_0^2 q_2^4,$$

qui déterminera ω_1 (q_0 et q_2 étant les produits infinis connus).

On peut introduire, comme nous l'avons dit, autant de paramètres que l'on veut; on peut donner à ces paramètres des valeurs formant un ensemble

de mesure nulle, par exemple dans un intervalle donné. Si dans une partie de cet intervalle on cherche à placer une infinité de ces paramètres de façon à en former une suite continue définissant une fonction (à la manière classique bien connue), la fonction correspondante $\Phi(\varepsilon)$ tend vers une expression limite bien déterminée, mais cette expression limite *n'est plus une solution* de l'équation intégrale.

Les résultats précédents se sont présentés à propos de l'étude d'un problème physique (que l'on peut aussi traiter indépendamment du précédent). Considérons un liquide enfermé dans un cylindre de révolution limité à deux sections droites. Une pale plane, à bords rectilignes et de même hauteur que le cylindre, est placée à l'intérieur, son axe de symétrie vertical coïncidant avec l'axe du cylindre. Par un moyen quelconque, on imprime au fluide une rotation d'ensemble autour de la plaque centrale, on cherche à déterminer le mouvement permanent résultant. On peut se ramener à un problème plan dans une section droite xOy. Posant $z = x + iy$, et prenant comme unité le rayon du cylindre, l'espace annulaire compris entre la pale AA′ et la circonférence $|z| = 1$ se transforme en une couronne circulaire d'un nouveau plan t par la relation

$$z = \mathrm{cn}\left(\mathrm{K} + \frac{2i\mathrm{K}}{\pi}\log t \,|\, \mathrm{K}, i\mathrm{K}'\right) + i\,\mathrm{sn}\left(\mathrm{K} + \frac{2i\mathrm{K}}{\pi}\log t \,|\, \mathrm{K}, i\mathrm{K}'\right);$$

la demi-largeur de la pale est $a = \frac{1 - k'}{k}$, les rayons extrêmes de la couronne sont 1 et $q = e^{-\frac{\pi \mathrm{K}'}{2\mathrm{K}}}$.

Si dans le plan z on cherche à déterminer un mouvement continu sans tourbillons, on trouve une disposition inadmissible, avec des vitesses infinies. Si l'on abandonne la continuité, on peut introduire soit deux lignes de discontinuité se raccordant tangentiellement avec la plaque après avoir isolé deux régions, symétriques par rapport au centre, faisant corps avec AA′ (cf. ma Note aux *Comptes rendus*, février 1920), soit encore une seule ligne de discontinuité passant par A et A′ et enfermant complètement la plaque (le cas simple de la circonférence de diamètre AA′ m'a été signalé par M. R. Thiry). Mais ces dispositifs ne semblent pas traduire les conditions expérimentales, dans lesquelles on voit apparaître des tourbillons. M. Charles Camichel a bien voulu m'indiquer que l'expérience montrait l'existence de quatre tourbillons périodiques placés deux par deux symétriquement par rapport au centre, deux ayant une intensité notable par rapport aux deux autres.

En première approximation, étudions la configuration correspondant seulement à deux tourbillons, que nous supposerons ici permanents; dans l'exposé détaillé, on trouvera les calculs concernant les quatre tourbillons.

En désignant par

$$t_1 = re^{i\lambda} \qquad (0 < \lambda < \pi)$$

l'affixe correspondant au premier de ces tourbillons z_1, dans le plan t, et par g leur intensité commune, on démontre facilement que, en dehors des tourbillons eux-mêmes, le potentiel et la fonction de courant sont fournis par l'équation

$$f = \varphi + i\psi = \frac{g}{2i\pi}\log\frac{\sigma\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda - \log r)\,|\,\omega_1\omega_3\right]\sigma_1\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda - \log r)\right]}{\sigma\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda + \log r)\right]\sigma_1\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda + \log r)\right]} + \mathrm{A}i\log t,$$

où A désigne une constante réelle.

Pour que la solution convienne, il faut que la vitesse du liquide aux extrémités de la lame soit finie et même nulle; en posant

$$\alpha = \frac{\omega_1}{\pi}\lambda, \qquad \beta = -\frac{\omega_1}{\pi}\log r,$$

cela se traduit par les équations

$$\zeta_3(\alpha - i\beta) - \zeta_3(\alpha + i\beta) + \zeta_2(\alpha - i\beta) - \zeta_2(\alpha + i\beta) - \frac{2\pi^2 \mathrm{A} i}{g\omega_1} = 0,$$
$$p(\alpha + i\beta - \omega_3) - p(\alpha - i\beta + \omega_3) + p(\alpha + i\beta - \omega_2) - p(\alpha - i\beta + \omega_2) = 0.$$

La forme même de ces équations engage à opérer une transformation de Landen; on est ainsi conduit aux relations

$$\alpha = \frac{\omega_1}{2};$$
$$\mathrm{A}i = \frac{g\omega_1}{\pi^2}\left[-\zeta_2\left(i\beta\,\middle|\,\frac{\omega_1}{2}\,\omega_3\right) + e_1 i\beta\right].$$

Les tourbillons devant être permanents, nous aurons à écrire que

$$\lim\left[\frac{df}{dz} - \frac{g}{2i\pi(z - z_1)}\right]_{z=z_1} = 0.$$

Après de nombreuses transformations dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, on est conduit à la condition

$$2\zeta\left(2i\beta\,\middle|\,\frac{\omega_1}{2},\,\omega_3\right) - 4\zeta_2\left(i\beta\,\middle|\,\frac{\omega_1}{2},\,\omega_3\right) + i\,\mathrm{dn}(i\beta\,|\,\mathrm{K},\,i\mathrm{K}') - k^2\frac{\mathrm{sn}(i\beta)\,\mathrm{cn}(i\beta)}{\mathrm{dn}(i\beta)} = 0,$$

qui assure la fixité des deux tourbillons. De là on tire, pour β, une valeur comprise entre o et $-i\omega_3$ et, par suite, une valeur de r convenable entre q et 1.

Toutes les particularités du mouvement sont alors déterminées, et se déduisent de ce qui précède. Le couple résultant, M, des pressions exercées par le liquide sur une hauteur de la lame égale à l'unité, se trouve être égal à

$$M = -\frac{\rho g^2}{4\pi^2 k'}\int_0^{2K}\left[\zeta_2\left(\mu + i\beta \,\middle|\, \frac{\omega_1}{2}, \omega_3\right) - \zeta_2\left(\mu - i\beta \,\middle|\, \frac{\omega_1}{2}, \omega_3\right) - 2\zeta_2(i\beta)\right]^2 \frac{\operatorname{cn}(\mu \mid K, iK')}{\operatorname{sn}(\mu \mid K, iK')}\,d\mu$$

On constate que cette expression est nulle, ce qui généralise un beau théorème de M. U. Cisotti [1]. Malgré cette circonstance, l'intérêt du calcul reste notable, car il permet d'aborder le problème du mouvement non permanent en utilisant un procédé analogue à celui que j'ai indiqué dans une Note antérieure (*Comptes rendus,* mars 1920) pour un problème plus simple.

Le cas où le mouvement du liquide est obtenu par la rotation uniforme de la lame AA′ peut se traiter par des procédés semblables à ceux de la présente Note, mais plus compliqués sur certains points.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fabrication des oxydes d'éthyle et de méthyle.* Note de M. J.-B. Senderens.

I. Dans une précédente Communication [2], j'ai montré comment avec l'acide sulfurique étendu d'eau *jusqu'à une certaine limite* on arrivait à préparer les oxydes d'éthyle, de propyle, d'isopropyle, de butyle, d'isobutyle et d'isoamyle. Cette limite se retrouve dans la préparation de l'oxyde de méthyle. A 130°, l'alcool méthylique (100^{cm^3}) donne par minute :

	Oxyde de méthyle.
Avec $SO^4H^2 + 2H^2O$	300^{cm^3}
» $SO^4H^2 + 3H^2O$	120
» $SO^4H^2 + 4H^2O$	24

Par où l'on voit que pour le méthanol comme pour l'éthanol (*loc. cit.*), l'activité de l'acide sulfurique paraît limitée à ce dernier hydrate.

---

[1] *Atti del R. Ist. Veneto*, t. 69, 1909-1910, p. 423.

[2] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 813.

II. Avant que je n'eusse indiqué la préparation catalytique de l'oxyde de méthyle par voie sèche [1], on s'adressait, pour l'obtenir, au mélange diversement constitué selon les auteurs, de méthanol et d'acide sulfurique concentré [2]. Il m'a paru que les meilleures proportions étaient celles de volumes égaux. Ce mélange, une fois porté à l'ébullition, fournit, si l'on y renouvelle le méthanol, une production continue d'oxyde de méthyle, par un mécanisme semblable à celui de l'oxyde d'éthyle et dans les mêmes conditions que nous allons examiner.

III. Considérons le cas de l'oxyde d'éthyle. Sa formation s'écrit depuis Williamson :

$$(a)\qquad C^2H^5OH + SO^4H^2 = SO^4HC^2H^5 + H^2O,$$

$$(b)\qquad SO^4HC^2H^5 + C^2H^5OH = C^2H^5OC^2H^5 + SO^4H^2.$$

En réalité, ce n'est pas SO^4H^2 qui est mis en liberté, mais $SO^4H^2 + H^2O$, lequel par une nouvelle déshydratation de l'alcool donnera $SO^4H^2 + 2H^2O$ et ainsi de suite, à moins qu'aux températures où se fait l'éthérification ces hydrates ne se détruisent au fur et à mesure de leur formation.

Afin d'élucider cette question, j'ai soumis à l'action de la chaleur l'hydrate $SO^4H^2 + 6H^2O$ constitué comme il suit :

SO^4H^2 (100 pour 100)	212 g
$6H^2O$	234

d'où

H^2O	39 (soit 39 cm³)

Le ballon renfermant l'hydrate communiquait par un réfrigérant descendant avec une éprouvette graduée qui permettait d'évaluer à chaque instant le volume d'eau recueillie et de déterminer par conséquent dans quels intervalles de températures marquées par un thermomètre plongé dans le liquide, l'hydrate sulfurique perdait ses molécules d'eau.

L'ébullition a commencé à 121° et l'on a eu comme eau recueillie :

121°-125°	26 cm³
125°-127°	13 cm³

---

[1] J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 228 et 928; *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, avril 1912.

[2] Cf. Dumas et Péligot, *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, t. 58. — Erlenmeyer et Kriegbaumer, *D. ch. G.*, t. 26, p. 2829. — Krafft avait étendu à l'oxyde de méthyle son procédé par les acides sulfoniques.

Soit 39^{cm^3} ou une molécule d'eau et l'hydrate devient $SO^4H^2 + 5H^2O$:

127°-131°	$19^{cm^3},5$
131°-135°	$19^{cm^3},5$

Encore 39^{cm^3} ou une deuxième molécule d'eau, l'hydrate devenant $SO^4H^2 + 4H^2O$:

	cm³
135°-140°,5	18,5
140°,5-145°	13,5
145°-148°	5

C'est la troisième molécule d'eau et l'hydrate devient $SO^4H^2 + 3H^2O$:

	cm³
148°-155°	14
155°-162°	12
162°-170°	13

Avec la perte de cette quatrième molécule d'eau on arrive à

$$SO^4H^2 + 2H^2O.$$

Ces nombres s'accordent assez avec ceux de Lunge [1].

La présence de l'alcool les modifie. C'est ainsi qu'en ajoutant 100^{cm^3} d'alcool à 95° aux quantités ci-dessus de $SO^4H^2 + 6H^2O$ et en renouvelant l'alcool par un écoulement convenable, j'ai constaté que cet hydrate devenait :

De 110° à 121°	$SO^4H^2 + 5H^2O$
De 121° à 130°	$SO^4H^2 + 4H^2O$
De 130° à 145°	$SO^4H^2 + 3H^2O$
De 145° à 162°	$SO^4H^2 + 2H^2O$

IV. On conclut de ce qui précède que si, dans la fabrication de l'éther on voulait éliminer complètement l'eau de la réaction et régénérer l'acide à 66° B., il faudrait opérer à des températures très élevées. Or, déjà à 145°, l'éthylène tend à remplacer l'éther selon la réaction connue :

$$C^2H^5OH = C^2H^4 + H^2O.$$

J'ai même remarqué qu'à 140°, lorsque l'opération se prolonge, l'éthylène n'est pas en quantité négligeable, les impuretés qui s'accumulent dans le liquide servant peut-être de catalyseur déshydratant à la façon du sable,

[1] Cf. Haller et Girard, *Memento du Chimiste*, p. 122.

du sulfate d'alumine, etc. [1]. La production d'éthylène est nulle à 130°, température adoptée dans beaucoup de firmes pour la fabrication de l'éther.

L'hydrate stable à 130° est $SO^4H^2 + 4H^2O$ dont le pouvoir éthérificateur est faible, ainsi qu'on l'a vu. De là vient que le degré de l'éther, très élevé au commencement de l'opération, va s'affaiblissant à mesure que par l'absorption de l'eau de la réaction, l'acide à 66° B. s'achemine vers

$$SO^4H^2 + 4H^2O.$$

Une fois atteint, cet hydrate se maintient, l'eau s'éliminant désormais dès qu'elle se produit et le degré de l'éther prend une valeur qui restera à peu près constante jusqu'à la fin de l'opération.

A 136°-138°, la production d'éthylène est assez faible, tandis que, par le fait de l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ qui, à cette température, est, partiellement du moins, l'agent éthérificateur et un agent plus actif que $SO^4H^2 + 4H^2O$, la proportion d'éther dans le distillat s'est montrée notablement supérieure à celle que j'obtenais à 130°.

V. Il était facile de prévoir que si, au lieu d'alcool pur, on faisait couler de l'alcool additionné d'acide sulfurique à 66° B., l'éthérification serait favorisée par l'apport continu de cet acide moins hydraté que celui de la liqueur. C'est en effet ce qui se passe avec l'alcool à 95° auquel on ajoute 10 pour 100 d'acide sulfurique à 66° B.

Au contraire, l'addition de l'acide à 54° B. n'a guère modifié l'éthérification, comme on pouvait s'y attendre en raison de sa teneur en eau, 31,5 pour 100, soit $2^{mol},5$. Il n'est donc pas indifférent de dénaturer l'alcool avec 10 pour 100 d'acide sulfurique à 66° B. ou avec 20 pour 100 d'acide à 54° B.

On conçoit également que l'éthérification marche mieux avec l'alcool à 95° qu'avec l'alcool à 85° et qu'elle trouve un obstacle dans l'emploi des résidus d'éther qui sont saturés d'eau indépendamment des impuretés qu'ils renferment, impuretés qui peuvent servir de catalyseurs producteurs d'éthylène.

VI. La fabrication continue de l'oxyde de méthyle ne se heurte pas à la difficulté de voir se produire à haute température le carbure correspondant puisque ce carbure n'existe pas. Il semblait dès lors qu'il y aurait avantage à se tenir au voisinage de 160° où $SO^4H^2 + 3H^2O$ serait remplacé par

[1] Cf. J.-B. Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 25, avril 1912.

l'hydrate beaucoup plus actif, $SO^4H^2 + 2H^2O$. En effet, vers 160°-165°, l'éthérification continue de 100^{cm^3} d'alcool méthylique par ce dernier hydrate, avec écoulement ultérieur de méthanol, s'est poursuivie sans fléchissement en donnant 250^{cm^3} à 300^{cm^3} d'oxyde de méthyle à la minute (voir n° I). C'est là un mode de préparation de l'éther méthylique aussi facile qu'avantageux pour les laboratoires, mais qui, dans la grande industrie, ne saurait se substituer au procédé de fabrication catalytique par voie sèche, tel que je l'ai indiqué.

M. **Costantin** présente un Ouvrage de M. **Blaringhem**, *Pasteur et le Transformisme*, dont il a écrit la *Préface*.

Ce titre est susceptible de surprendre, car Pasteur ne s'est jamais occupé du transformisme et il a pu, à certaines heures, envisager cette doctrine avec défiance. Cependant ses grandes découvertes sur la vaccination, sur les variations de la virulence fournissent des documents de premier ordre pour la théorie évolutionniste.

M. Blaringhem montre que la vie des cristaux intéresse grandement le naturaliste par leur polymorphisme, leurs dissymétries, leurs cicatrisations, leurs régénérations. Il insiste sur les hybrides et les germes cristallins; selon lui, les sels maintenus en état de sursaturation se comportent comme les éléments femelles dans l'attente du germe (anthérozoïde, grain de pollen) nécessaire pour former l'œuf et déclancher son développement en embryon.

L'Ouvrage intéressant de M. Blaringhem contribuera à attirer l'attention sur des aspects insuffisamment connus de l'œuvre immense de Pasteur; il servira peut-être à orienter les sciences biologiques sur des voies nouvelles et fécondes.

PRÉSENTATIONS.

Pour la chaire de *Physiologie des sensations* du Collège de France, M. *H. Piéron* est désigné en première ligne par 42 suffrages contre 1 bulletin blanc.

M. *I. Meyerson* est désigné en seconde ligne par 28 suffrages contre 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Henri Piéron**
En seconde ligne. . . . . M. **Ignace Meyerson**

CORRESPONDANCE.

Sir **Robert Hadfield**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remerciements à l'Académie.

M. le **Ministre de France en Équateur** fait connaître qu'une des rues de Guayaquil a reçu le nom de *La Condamine* en mémoire du savant français qui fut l'hôte de l'Équateur, et qui a puissamment contribué à l'étude et à la connaissance de ce pays en Europe.

M. l'Amiral **Darrieus** communique à l'Académie les conditions des concours ouverts par l'*Académie de marine*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Courbes de Bertrand et déformation des quadriques*. Note [1] de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. Dans le numéro précédent des *Comptes rendus*, j'ai indiqué les quatre courbes à torsion constante et les quatre courbes minima qui dérivent, par des calculs algébriques et des dérivations, d'une courbe de Bertrand connue. M. Cartan a montré que la relation linéaire $\frac{a}{R} + \frac{b}{T} = c$ entre la courbure et la torsion d'une courbe gauche donne un système différentiel de classe o si $c = 0$ (hélices); 2 si $a = 0$ (torsion constante); 3 si $ac \neq 0$ (courbes de Bertrand ou accidentellement courbes à courbure constante); il a montré que, pour la seule classe o, on peut exprimer les coordonnées d'un point de la courbe explicitement au moyen d'un paramètre t, d'une fonction arbitraire $f(t)$ et des dérivées de $f(t)$ jusqu'à un ordre fini et que, dans certains

(1) Séance du 25 juin 1923.

cas, la solution d'un système différentiel de classe h peut s'exprimer explicitement au moyen de la solution d'un système de classe plus élevée. C'est précisément ce qui se passe ici pour l'ensemble des courbes à torsion constante et celui des courbes de Bertrand et la configuration géométrique en question donne le résultat.

2. M. Bianchi a attiré l'attention sur les *couples de Thybaut :* surfaces minima focales d'une congruence W, les lignes de longueur nulle et de courbure se correspondant en même temps que les asymptotiques. Or une courbe (T_1) de rayon de torsion constant τ_1 donne deux courbes minima dérivées (M), (M_1); une autre courbe (T'_1) de même torsion constante donne de même (M_2), (M_3); j'ai montré [1] que les surfaces minima $(M_1 M_3)$, (MM_2) lieu des milieux des cordes s'appuyant respectivement sur (M_1) et (M_3) ou sur (M) et (M_2) forment le couple de Thybaut le plus général; (MM_3) et $(M_1 M_2)$ est donc un second couple de Thybaut connu en même temps que le premier. *Supposons de plus que* (T_1) *et* (T'_1) *soient transformées asymptotiques l'une de l'autre :* on peut choisir le nom des courbes minima de façon que (M) et (M_2) soient transformées asymptotiques, ainsi que (M_1) et (M_3), mais non (M), (M_3) ni (M_1) (M_2); la figure de ma dernière Note se trouve reconstituée, et nous avons *trois couples de Thybaut, chacun très particulier en soi et faisant connaître immédiatement les deux autres.* On a (MM_1), $(M_2 M_3)$, puis (MM_2), $(M_1 M_3)$, puis $(M_1 M_2)$, (MM_3); chaque surface minima admet une asymptotique particulière (T_1), (T'_1), (T_2), (T'_2), (B), (B_1) qui est à torsion constante, ou courbe de Bertrand, et c'est en cela que consiste la particularité. Les surfaces minima adjointes sont circonscrites à une sphère, ou coupent une sphère sous un angle constant. La courbe (B) fournit la surface minima $(M_1 M_2)$: chercher toutes les surfaces minima formant avec $(M_1 M_2)$ un couple de Thybaut revient à trouver les ∞^2 transformées de (B) sous un angle constant arbitraire : (β) étant l'une d'elles et (β_1) la courbe associée, on associe à $(M_1 M_2)$ déduite de (B) la surface analogue déduite de (β_1). Il est facile de donner la propriété correspondante pour une courbe à torsion constante.

Si (B) est réelle, (B_1) aussi; (T_1) et (T'_1) sont imaginaires conjuguées, (T_2) et (T'_2) aussi; le couple $(M_1 M_2)$, (MM_3) est réel, tandis que les deux autres couples de Thybaut comprennent chacun deux surfaces conjuguées l'une de l'autre.

---

[1] *Bulletin de la Société mathématique de France*, 1922; *Annales de l'École Normale*, 1922.

Si (T_1) et (T'_1) sont réelles, (B) et (B_1) sont imaginaires conjuguées, et (T_2), (T'_2) aussi; le couple (MM_1), (M_2M_3) est réel, les deux autres sont imaginaires.

3. Soient (M_1), (M_2), ... diverses transformées asymptotiques d'une même courbe minima (M) avec le même module τ. Les divers points M_1, M_2, ... homologues de M sont sur une même parallèle à la tangente en M; le milieu μ de M_1M_2 décrit une *courbe de Bertrand singulière*, satisfaisant à la relation

$$\frac{1}{R} \pm \frac{i}{T} = c,$$

où c est une constante non nulle. La courbe associée à (μ) se réduit à la courbe minima (M) de départ. Les milieux T_1 et T_2 de MM_1 et MM_2 décrivent deux courbes de même rayon de torsion constant τ : ces courbes (T_1), (T_2) sont transformées asymptotiques l'une de l'autre, *avec cette particularité que la droite* T_1T_2 *est isotrope*. De toute courbe (T_1) à torsion constante déjà connue, on déduit par deux quadratures seulement, et non plus une équation de Riccati, deux séries de transformées asymptotiques de cette espèce, en considérant les deux droites isotropes issues de T_1 dans le plan osculateur. Donc de toute surface réelle applicable sur le paraboloïde de révolution on déduit par ce procédé ∞^1 surfaces réelles de même espèce, par deux quadratures seulement. On remarquera que si (T_1) est réelle, on peut déduire ainsi de (T_1) deux courbes (T_2) et (T'_2) imaginaires conjuguées, mais la composition ne réussit pas, le parallélogramme gauche $T_1T_2T'_2$ se repliant de façon que le dernier sommet retombe en T_1.

4. Considérant de même la figure de la précédente Note, la courbe (M), ses transformées (M_1), (M_2), (M') suivant les modules τ_1, τ_2, τ_3 et les courbes (M_3), (M'_1), (M'_2), (M'_3) obtenues par fermeture de parallélogrammes gauches, si l'on suppose que τ_3 vienne se confondre avec τ_1, il y a repli de la figure, M'_1 se confondant avec M, et M'_3 avec M_2, dans ces conditions B milieu de M_1M_2 et β milieu de $M'M_2$ décrivent deux courbes de Bertrand transformées l'une de l'autre au sens géométrique déjà employé : la droite $B\beta$ est l'intersection des plans osculateurs en B_1 et β_1 aux courbes associées. De B dans le plan osculateur à (B_1) passent deux droites isotropes, de même de B_1 dans le plan osculateur à (B) passent deux droites isotropes : on obtient, par deux quadratures, et non plus une équation de Riccati, 4 séries ∞^1 de telles transformées de (B) en plaçant β sur l'une des droites isotropes issues de B et β_1 sur l'une des droites isotropes issues de B_1. D'une courbe réelle (B) on peut déduire ainsi une transformée (β),

puis une autre transformée $(\overline{\beta})$ imaginaire conjuguée de (β); malheureusement la composition des deux transformations ne conduit à rien, parce que le parallélogramme gauche $B\beta\overline{\beta}$ se referme encore en B. Il n'empêche que ces transformations particulières, qui semblent avoir échappé aux recherches antérieures, offrent une grande importance, même au point de vue réel, dans la théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques où MM. Guichard et Bianchi ont obtenu de si beaux résultats et où M. Bianchi a montré le rôle fondamental des courbes de Bertrand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des équations algébriques par une somme de fonctions hypergéométriques.* Note (¹) de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. Goursat.

Dans des Notes précédentes (²) j'ai démontré qu'on peut exprimer les racines d'une équation algébrique par une somme de fonctions hypergéométriques. Pour fixer les idées, considérons l'équation trinome

$$z^n = gz + \beta. \tag{1}$$

D'après la théorie des fonctions implicites, il existe dans certaines conditions des développements des racines suivant les puissances des coefficients de l'équation algébrique considérée. Ainsi, dans le cas d'une équation trinome, on a, pour des valeurs convenables des coefficients, des développements de la forme

$$z = \Sigma A_k \beta^k \quad \text{ou} \quad z = \Sigma B_k g^k, \tag{2}$$

où les A dépendent de g et les B de β. Or ces développements en série (2) ne constituent pas le point essentiel de mes recherches, qui ont pour but principal de démontrer qu'*en introduisant la nouvelle variable*

$$\zeta = \frac{n^n}{(1-n)^{n-1}} \frac{\beta^{n-1}}{g^n}, \tag{3}$$

on peut présenter la série comme une somme de $n-1$ *fonctions hypergéométriques supérieures*

$$F\begin{pmatrix} a_1, & a_2, & \ldots, & a_{n-2}, & a_{n-1} \\ b_1, & b_2, & \ldots. & b_{n-2}, & \zeta \end{pmatrix},$$

(¹) Séance du 25 juin 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 778, 1047 et 1370; t. **172**, 1921, p. 1155.

où les a et b sont des nombres rationnels. A l'aide de ce résultat j'ai pu trouver la loi de permutation des racines de l'équation trinome autour des points critiques. Dans le cas de l'équation algébrique générale, la série se présente, comme je l'ai fait voir, sous la forme d'une somme analogue de fonctions hypergéométriques de *plusieurs variables*.

La définition d'une fonction hypergéométrique employée par moi, repose sur des idées de Thomae [1] et de Goursat [2]. Évidemment on peut se servir d'autres définitions. Ainsi M. Mellin, dans une Note intéressante [3], où il fait voir que les équations algébriques peuvent être résolues par moyen de certaines intégrales, appelle fonction hypergéométrique, la fonction de g représentée par la série (2) où l'on fait $\beta = 1$. Le rapport de deux coefficients consécutifs dans cette série n'est pas une fonction rationnelle du rang de l'un d'eux. Dans le travail de M. Mellin, il ne s'agit donc pas d'une division en une somme des fonctions hypergéométriques de ζ, dont j'ai démontré la possibilité.

Prenons des exemples. Pour l'équation du troisième degré $z^3 = gz + \beta$ l'application de ma méthode donne pour les racines les sommes suivantes des fonctions hypergéométriques gaussiennes de $\zeta = \frac{27}{4}\frac{\beta^2}{g^3}$:

$$z_i = \sqrt{g}\left[(-1)^{3i} F\left(-\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{2}, \zeta\right) + \frac{1}{3}\sqrt{\frac{\zeta}{3}}\, F\left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{2}, \zeta\right)\right];$$

$$z_3 = -\frac{2}{3}\sqrt{\frac{g\zeta}{3}}\, F\left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{2}, \zeta\right)$$

$(i = 1, 2)$ si $|\zeta| < 1$ et des expressions analogues si $|\zeta| > 1$. Pour l'équation $z^4 = gz + \beta$ nous avons en désignant par ν une racine primitive de $\nu^4 = 1$ et par ζ l'expression $-\frac{4^4}{3^3}\frac{\beta^3}{g^4}$ et en supposant $|\zeta| < 1$:

$$z_i = g^{\frac{1}{3}}\left[\nu^{4i} F_0(\zeta) - \frac{1}{4}\left(\frac{\zeta}{4}\right)^{\frac{1}{3}} \nu^{3i} F_1(\zeta) - \frac{1}{8}\left(\frac{\zeta}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \nu^{2i} F_2(\zeta)\right]; \qquad z_4 = \frac{3}{4}\left(\frac{g\zeta}{4}\right)^{\frac{1}{3}} F_1(\zeta)$$

$(i = 1, 2, 3)$. Ici, on peut exprimer F_0, F_1, F_2 par les fonctions hypergéométriques de Gauss, car nous avons [4] (si $\zeta < 1$ nous avons des résultats

---

[1] *Mathematische Annalen*, Bd 2, 1870, p. 427.
[2] *Annales de l'École Normale supérieure*, 2e série, t. 12, 1883, p. 261 et 395.
[3] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 658.
[4] Voir E. Goursat, *loc. cit.*, p. 284.

analogues)

$$F_0(\zeta) = F\begin{pmatrix} -\frac{1}{12}, & \frac{2}{12}, & \frac{5}{12} \\ \frac{1}{3}, & \frac{2}{3}, & \zeta \end{pmatrix} = F^2\left(-\frac{1}{24}, \frac{5}{24}, \frac{2}{3}, \zeta\right),$$

$$F_1(\zeta) = F\begin{pmatrix} \frac{7}{12}, & \frac{10}{12}, & \frac{13}{12} \\ \frac{4}{3}, & \frac{5}{3}, & \zeta \end{pmatrix} = F^2\left(\frac{7}{24}, \frac{13}{24}, \frac{4}{3}, \zeta\right),$$

$$F_2(\zeta) = F\begin{pmatrix} \frac{3}{12}, & \frac{6}{12}, & \frac{9}{12} \\ \frac{2}{3}, & \frac{4}{3}, & \zeta \end{pmatrix} = F\left(-\frac{1}{24}, \frac{5}{24}, \frac{2}{3}, \zeta\right) F\left(\frac{7}{24}, \frac{13}{24}, \frac{4}{3}, \zeta\right).$$

Les mêmes racines, d'après la définition adoptée par M. Mellin, deviennent des fonctions hypergéométriques de g, quand on fait $\beta = 1$. Mes recherches et celles de M. Mellin appartiennent donc à des domaines tout à fait différents.

Dans un Mémoire récent (1), M. G. Belardinelle a traité quelques développements en série pour les racines d'une équation algébrique suivant des puissances des coefficients élaborés par M. A. Capelli (2) et complétés par M. Belardinelle (3). Il semble que M. Belardinelle est d'opinion que mes résultats soient contenus dans ceux de M. Capelli et les siens. Or je n'ai pas présenté à l'Académie des Notes pour appeler l'attention sur les séries ci-dessus telles que (2) qui existent nécessairement d'après la théorie des fonctions implicites, mais pour faire voir, ce qui constitue pour moi le fait essentiel, que lesdites séries, après l'introduction de certaines nouvelles variables convenablement choisies, peuvent être présentées, de la manière indiquée, sous la forme d'une somme de fonctions hypergéométriques. Et je n'ai pas trouvé dans les Mémoires cités de M. Belardinelle aucune trace à des idées de cet ordre.

---

(1) *Rendiconti del Circolo Mathematico di Palermo*, t. 46, 1922, p. 463.

(2) *Rendiconti della R. Accademia della Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli*, série 3a, vol. 13, 1907, p. 192, 289, 342.

(3) *Annali di Matematica pura ed applicata*, série 3a, t. 29, 1920, p. 251.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains états particuliers d'une masse gazeuse, conformes à la loi de Maxwell.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

Lorsqu'un gaz obéit à la loi de Maxwell, il est ordinairement admis qu'il doit être au repos, à température constante et uniforme, et, dans un champ de forces dérivant d'un potentiel V, lié à la densité par la formule bien connue

$$\rho = e^{-2hmV}.$$

Il existe, néanmoins, d'autres états compatibles avec la loi de Maxwell et, par conséquent, ne donnant lieu à aucune viscosité ni à aucune propagation de chaleur. Ces états ont été étudiés par Boltzmann [1], d'une manière compliquée et qui n'aboutit à aucune interprétation générale des résultats. C'est pourquoi je demande la permission de revenir sur cette question, qui peut être résolue avec simplicité.

On trouve d'abord que la température T ne peut dépendre que de t. Posons

$$k = -\frac{1}{2}\frac{d\log T}{dt}. \tag{1}$$

Les composantes (a, b, c) de la vitesse macroscopique doivent maintenant satisfaire à certaines équations aux dérivées partielles, qui équivalent au système

$$da = k\,dx + q\,dz - r\,dy, \qquad db = k\,dy + r\,dx - p\,dz, \qquad dc = k\,dz + p\,dy - q\,dx.$$

En décrivant les conditions d'intégrabilité, on voit que p, q, r doivent être fonctions de t seulement et l'on a

$$a = kx + \xi + qz - ry, \qquad b = ky + \eta + rx - pz, \qquad c = kz + \zeta + py - qx,$$

ξ, η, ζ désignant de nouvelles fonctions arbitraires du temps.

Ces formules peuvent être simplifiées par un *choix convenable du trièdre de référence*. Faisons d'abord pivoter les axes autour de l'origine, de manière que les anciens axes aient pour rotations p, q, r par rapport aux nouveaux. La nouvelle vitesse a pour nouvelles composantes des expressions de la

---

(1) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1876, p. 531 à 552.

forme

$$a = kx + \alpha, \qquad b = ky + \beta, \qquad c = kz + \gamma,$$

α, β, γ désignant de nouvelles fonctions de t.

Si l'on transporte l'origine au point O, dont les coordonnées x_0, y_0, z_0 satisfont aux équations différentielles

$$\frac{dx_0}{dt} = kx_0 + \alpha, \qquad \frac{dy_0}{dt} = ky_0 + \beta, \qquad \frac{dz_0}{dt} = kz_0 + \gamma,$$

on a enfin

$$a = kx, \qquad b = ky, \qquad c = kz.$$

En portant ces formules dans les autres équations imposées par la loi de Maxwell, on obtient

$$\text{(2)} \qquad V = -\frac{\log\rho}{2hm} - \frac{k' + k^2}{2}\overline{OP}^2,$$

$$\frac{\partial \log\rho}{\partial t} + k\left(x\frac{\partial \log\rho}{\partial x} + y\frac{\partial \log\rho}{\partial y} + z\frac{\partial \log\rho}{\partial z}\right) + 3k = 0.$$

Cette dernière équation, qui équivaut à l'équation de continuité, a pour intégrale générale

$$\text{(3)} \qquad \rho = T^{\frac{3}{2}}\varphi(x\sqrt{T},\ y\sqrt{T},\ z\sqrt{T}),$$

φ désignant une fonction arbitraire de trois variables.

Finalement, *l'état le plus général d'un gaz obéissant à la loi de Maxwell peut, à un déplacement global arbitraire près, être défini comme il suit :*

1° *La température est uniforme, mais peut varier arbitrairement en fonction du temps.*

2° *La vitesse macroscopique en* P *est* $k.\overrightarrow{OP}$, O *étant un point fixe et* k *étant défini par la formule* (1).

3° *La densité est distribuée suivant la formule* (3) *et le champ de forces par unité de masse dérive alors du potentiel* (2).

Si la température est constante, le gaz est au repos et réciproquement. Si la température croît, les filets gazeux convergent vers l'origine, le mouvement sur Ox, par exemple, se faisant suivant la loi

$$x\sqrt{T} = \text{const.}$$

Un tel mouvement ne pourrait évidemment être réalisé qu'en déformant la paroi du récipient contenant le gaz, suivant une homothétie de centre O et dont le rapport varierait en raison inverse de $\sqrt{T}$. Il faudrait, en outre,

fournir ou enlever de la chaleur, de manière que la température varie suivant la loi qu'on se serait imposée, tout en restant uniformément répartie.

Mon incompétence expérimentale ne me permet pas d'apprécier l'intérêt pratique que peuvent présenter de semblables considérations, en vue d'une vérification éventuelle de la théorie cinétique des gaz.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les arborescences dessinées par l'effluve positif.* Note de M. **A. Lafay**, présentée par M. Hamy.

Lorsqu'on projette un mélange de soufre et de minium sur une lame isolante, fortement électrisée par un effluve positif, on voit apparaître des arborescences dessinées par un dépôt de soufre beaucoup plus dense que celui dont est formé le fond jaune, à peu près uniforme, sur lequel elles se détachent.

L'application des méthodes indiquées dans mes Notes des 4 et 11 juillet 1921 ([1]) permet d'établir que le mode de transport des charges, qui produisent ces ramifications caractéristiques, diffère de celui des particules qui constituent le reste de l'effluve. On sait que ces dernières se comportent comme des ions positifs, alourdis par un cortège de molécules.

I. Quelle que soit l'intensité des décharges projetées par une pointe vers le petit trou qui sert à délimiter un effluve élémentaire, on n'obtient qu'un filet gazeux de particules électrisées, tant que le champ, créé au delà du trou, n'atteint pas 5000 volts/cm environ. Le développement d'une plaque de résine, interposée sur le trajet de l'effluve, donne alors une simple tache jaune qui marque le point d'impact des particules; mais, dès que le champ dépasse la limite qui vient d'être indiquée, cette tache est accompagnée par de petits agrégats, en forme d'étoile ou de bâtonnet, irrégulièrement distribués dans son voisinage.

Pour des décharges assez faibles, les étoiles ne se produisent plus et quelques bâtonnets très courts, sorte d'*arborescences élémentaires*, subsistent seuls autour d'une tache d'autant plus grande que l'accroissement de potentiel de la pointe a été plus lent.

Dans un champ, même très intense, on cesse d'obtenir des bâtonnets dès qu'on n'électrise pas la pointe avec une suffisante brusquerie, car, pour qu'elle commence à projeter les jets électriques correspondant aux agré-

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 32 et 75.

gats, il est nécessaire que son potentiel soit notablement supérieur à celui qui suffit aux effluves ordinaires.

Il est d'ailleurs facile d'obtenir des taches assez faibles pour qu'elles n'aient aucune influence appréciable sur le champ; dès lors, loin d'être un inconvénient, elles présentent, au contraire, l'avantage d'indiquer sur la plaque le point où aboutit la ligne de force menée par le trou qui sert d'origine à l'effluve élémentaire.

Les agrégats se distribuent irrégulièrement autour de la tache et dans un rayon d'autant plus étendu qu'ils sont plus nombreux. En employant des champs voisins de 5000 volts/cm et en communiquant à la pointe des charges aussi petites que possible, on peut, sur un assez grand nombre de clichés, en obtenir quelques-uns où il n'y ait qu'un seul bâtonnet; dans ce cas, les écarts de la tache et du bâtonnet sont très faibles, mais il est exceptionnel qu'il y ait coïncidence.

II. L'application, au cas actuel, de ma première méthode de mesure directe de la vitesse des éléments constitutifs de l'effluve, montre qu'un vent, capable de dévier la tache de plusieurs centimètres, reste sans action sur les agrégats. En tenant compte de la légère imprécision du point d'impact marqué par ces derniers, j'ai déduit de mes observations que la mobilité des noyaux électrisés correspondants est au moins 30 fois plus grande que celle ($1,59$ $cm^2/sec \times volt$) des particules positives. Mes essais, dans cette voie, ont été limités par le fait que le plus grand vent dont je puisse disposer a une vitesse de 40 m/sec.

Au voisinage du champ limite, il arrive que des jets ne peuvent franchir le parcours de 7 à 8^{cm}, qui leur est imposé à travers le vent, et se résolvent en effluve ordinaire avant d'atteindre la résine. L'agrégat correspondant est alors remplacé par une petite nébulosité dont la déviation, comparée à celle de la tache, permet de situer l'endroit où le jet s'est évanoui. Cette transformation est brusque et s'effectue sur un parcours de 1^{mm} à 2^{mm}, au plus; elle ne ressemble pas à une sorte d'usure progressive étendue à toute la trajectoire, car on ne constate aucune traînée sur la plaque. Ce fait démontre que l'activité du mouvement électrique le long du jet est incompatible avec une production notable de particules de faible mobilité.

III. En raison de leur vitesse, relativement considérable, il était intéressant de soumettre les charges qui forment les agrégats à l'action du magnétisme. Pour cela, j'ai utilisé un dispositif, sur lequel je me propose de revenir plus en détail, qui permet d'obtenir, sur une très grande lon-

gueur, un champ électrique intense et à peu près uniforme, normal aux lignes de force d'un gros électro-aimant dont les pièces polaires ne sont écartées que de 4 à 5^{mm}.

L'action d'un champ de 6000 gauss sur des jets de 12^{cm} de long ne m'ayant pas donné de déplacement appréciable, on peut en conclure que la mobilité correspondante est au plus égale au centuple de celle des particules.

IV. La forme étoilée qu'affectent les agrégats résulte d'un phénomène, localisé sur la surface de la résine, consistant dans la production de décharges glissantes qui tracent des branches plus ou moins nombreuses autour du point d'arrivée du jet. On obtient, en effet, exactement les mêmes images en conduisant de petites charges jusqu'à la plaque à l'aide d'un fil métallique. De plus, si, après avoir réglé un essai de manière à obtenir des agrégats bien caractérisés, on remplace la lame isolante et son support par une toile métallique, le décalque électrique de ce qu'y projette l'effluve se compose de quelques taches, irrégulièrement réparties, dont les bords flous et arrondis ne présentent aucune trace de ramification.

PHYSIQUE. — *Propriétés électriques des gelées.* Note de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Dans une Note récente [1], j'ai décrit des expériences montrant, nettement qu'une gelée de gélose ou de gélatine, traversée par un courant électrique, se contracte à l'anode et se gonfle à la cathode.

Les principes de l'énergétique entraînent l'existence d'un autre phénomène, corrélatif du précédent : une gelée soumise à un gradient de pression doit être le siège d'une différence de potentiel; le sens du champ électrique étant inverse de celui du gradient de pression.

Le mécanisme du phénomène peut encore s'expliquer par une constitution spongieuse des gels, et par l'existence d'une couche électrique double sur les parois des interstices. Une compression en un point chasse le liquide

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1217. Depuis la publication de cette Note, M. le professeur Doumer, de Lille, m'a signalé qu'en 1914 il avait réalisé une expérience qu'on peut rapprocher des miennes et qui s'explique de la même façon. De la gélatine coulée au fond d'un tube en U, recouverte d'eau et soumise à l'action d'un courant électrique s'hydrate du côté où pénètre le courant, tandis qu'au pôle de sortie on observe un desséchement.

qui entraîne avec lui sa charge positive, laissant derrière lui une charge inverse. La gelée est le siège d'un courant électrique de convection.

J'ai fait des expériences vérificatrices avec les fibres décrites dans ma Note précédente. L'effet est bien dans le sens prévu : une tension produit un courant qui va du liquide vers la fibre, une détente produit un courant inverse (¹).

On peut encore couler à chaud une gelée consistante dans un tube de verre, et mettre, après refroidissement, les deux extrémités en contact avec des électrodes impolarisables. Lorsqu'on exerce une pression à l'un des bouts, on constate l'apparition d'une différence de potentiel dont le sens est bien conforme à celui que prévoit la théorie.

2. Ainsi donc toute différence de potentiel produit dans une gelée une différence de pression, et inversement toute différence de pression engendre une différence de potentiel. La théorie énergétique complète, qui sera développée dans un Mémoire plus étendu, montre que le gradient de pression et le gradient de potentiel sont fonction l'un de l'autre. Leur rapport, que je propose d'appeler *coefficient mécano-électrique,* est une donnée caractéristique qui conditionne tout un ensemble de propriétés importantes d'une gelée.

Dans les expériences que j'ai faites avec la gélose, j'ai trouvé que, pour une différence de pression de 10^5 baryes ($\frac{1}{10}$ d'atmosphère), les différences de potentiel étaient de l'ordre du millivolt.

3. On sait que les parois poreuses et les membranes animales ou végétales présentent généralement une polarisation électrique qui agit grandement sur leurs propriétés d'hémiperméabilité (P. Girard). Cette polarisation a été attribuée jusqu'ici uniquement aux ions adsorbés dissymétriquement par les deux faces du septum. Les expériences qui précèdent font apparaître une autre cause d'électrisation qui est la différence de pression. Un tissu spongieux comme le protoplasme, soumis, comme il l'est certainement *in vivo*, à un gradient de pression, doit donc présenter, de ce fait, une polarisation électrique, et par suite absorber sélectivement les ions des sels minéraux.

On voit par cet exemple toute l'importance en biologie des phénomènes électromécaniques des gels, et combien il est nécessaire d'en tenir compte, aussi bien d'ailleurs pour interpréter la nutrition cellulaire que pour expli-

---

(¹) Krouchkoll a fait, en 1889, une expérience analogue (*Journal de Physique*, II, 8, p. 472). Il avait attribué le phénomène à un effet d'électrocapillarité.

quer les différences de potentiel que l'on constate entre les différents points d'une substance vivante.

3. L'influx nerveux, qui est un des grands mystères de la physiologie, semble lui-même moins incompréhensible si l'on imagine que la gelée constituant le cylindraxe est le siège de phénomènes osmo-électriques et électromécaniques analogues à ceux que nous avons observés dans les gelées de gélose et de gélatine. Une impression tactile, par exemple, se traduisant par la compression d'une terminaison nerveuse, provoquerait tout le long du cylindraxe un courant électrique de convection. On s'explique ainsi que l'influx nerveux se propage avec une vitesse très inférieure à celle d'un courant électrique dans un conducteur métallique. On comprend également qu'une ligature puisse arrêter sa transmission, alors qu'elle serait sans effet dans le cas d'un conducteur ordinaire.

Le phénomène de l'*electrotonus* reçoit aussi une explication immédiate. Considérons, en effet, un fil de gelée. Faisons passer un courant électrique dans une portion de ce fil. Un transport de liquide se produira d'une électrode à l'autre à travers la gelée. Il y aura appel de liquide en amont, afflux en aval, de telle sorte que le mouvement se transmettra dans les régions extrapolaires. On devra donc constater dans ces régions un courant électrique de même sens que le courant polarisant.

On comprend enfin que l'excitabilité d'un nerf diminue au voisinage de l'anode pour les courants intenses, puisque alors, la gelée se desséchant, les courants de convection se trouvent entravés; elle augmente au contraire à la cathode, là où la gelée s'hydrate et devient plus perméable.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *La déviation des rayons X à la surface des corps, et les effets produits par une fente.* Note de M. F. **Wolfers**, présentée par M. G. Urbain.

De nouvelles expériences permettent de confirmer et d'étendre les résultats annoncés dans une Note récente [1]. Les rayons X qui rasent la surface d'un corps, ou tangents au contour d'un écran, *sont déviés*, et donnent l'apparence d'une réflexion.

1. Le phénomène est *tout à fait général.* Pour l'observer avec des corps très légers,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1385.

comme le carbone, il faut des rayons très mous. Avec des corps lourds et des rayons mous, la réflexion paraît presque complète.

2. La déviation maxima par rapport aux rayons incidents est *proportionnelle à l'angle sous lequel est vu, du contour de l'objet, la dimension de la source normale au contour.*

3. J'ai obtenu des effets analogues avec un *foyer très fin* (anticathode vue par la tranche), en *déplaçant devant le tube l'ensemble de la plaque et de l'écran*. Il en résulte que la source large est surtout nécessaire pour *fournir une énergie suffisante sous des incidences variées.*

4. L'idée d'une polarisation se trouve *éliminée* à la suite d'expériences faites avec un tube Müller à foyer linéaire.

Tout ceci permet de re prendre la théorie d'une réflexion, telle qu'elle est suggérée dans ma précédente Note. La déviation maxima des rayons pourrait se déduire indirectement de la largeur de la bande noire mesurée sur les clichés, et serait en général de *quelques minutes* au plus.

D'autre part j'ai été amené à étudier l'*action des fentes* sur les rayons X, c'est-à-dire la superposition des effets de deux écrans voisins. En effet l'existence d'un faisceau dévié par les bords de tout écran semble contredire le fait admis, que le principe de la chambre noire à trou fin s'applique. Ces expériences, à peine commencées, ont donné des résultats curieux, qui jouent peut-être un certain rôle dans les études spectrographiques sur les rayons X.

Fomm (1) avait observé en 1896 certaines bandes noires dont il a conclu à une diffraction des rayons X. Haga (2), voulant réfuter cette erreur, fit avec une fente des expériences évidemment trop limitées, à la suite desquelles il crut démontrer qu'il s'agissait d'une illusion d'optique. Cela fut admis sans discussion depuis. Or, de tous les phénomènes que j'ai observés, j'ai pu prendre des *microphotographies parfaitement nettes*, de sorte que la réalité des faits ne saurait être discutée.

En irradiant une plaque avec une source assez large à travers une fente fine, on observe des effets qui dépendent de la *largeur* de la fente et de sa *distance* à la plaque; il importe peu que la fente soit à bords minces ou épais ou formée entre deux cylindres parallèles.

Supposons la fente conique et qu'on s'avance vers la pointe. On voit d'abord près de chaque bord la bande noire habituelle, puis ces bandes empiètent, avec un noircissement maximum au centre. L'image se rétrécit peu à peu jusqu'à devenir égale à la

---

(1) *Wied. Ann.*, t. 59, 1896, p. 350.
(2) *Wied. Ann.*, t. 68, 1899, p. 884.

largeur de chacune des bandes noires; puis elle ne fait plus que pâlir, et conserve une largeur constante. Celle-ci correspond à la dimension, mesurée normalement à la fente, de la source des rayons, selon le principe de la chambre noire. En même temps on voit apparaître une *bande claire* au centre de l'image, dont chaque bord reste frangé d'une *ligne noire étroite* (de l'ordre de 20μ). L'ensemble ne *correspond nullement* à l'image du foyer donnée par un petit trou.

Les apparences deviennent plus complexes si l'on éloigne la plaque de la fente : chacune des deux bandes noires étroites *se divise en deux*, *puis plusieurs lignes fines*. L'ensemble présente l'*aspect de franges* d'interférence ou d'une sorte de spectre.

L'interprétation de ces nouveaux phénomènes paraît difficile, et nécessite de nouvelles recherches.

Enfin, il importe de signaler un tout récent travail de H. Compton (¹), qui a mis en évidence, *par la méthode d'ionisation*, un phénomène sans doute semblable au nôtre. L'auteur applique aux rayons X la théorie de la dispersion optique de Drude-Lorentz. Les indices ainsi trouvés étant inférieurs à l'unité, l'auteur en déduit un angle limite de réflexion totale qu'il mesure au goniomètre pour des miroirs de verre ou d'argent, comme on ferait pour la lumière.

Cependant, avant de pouvoir faire une comparaison utile avec nos propres résultats, ne serait-il pas intéressant que l'auteur vérifie si ses nombres ne dépendent ni de l'ouverture du faisceau qu'il utilise, ni de la largeur des fentes, ni de la source des rayons? En outre, dans mes propres expériences avec un bon miroir de bronze (*loc. cit.*), j'ai constaté — comme il paraissait vraisemblable — que le poli du miroir n'intervenait aucunement. Il serait donc utile de vérifier si les effets observés par M. Compton ne seraient pas dus, non pas à la *face* de son miroir, mais à l'*arête* qui s'avance dans le faisceau incident.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la structure fine des limites d'absorption de haute fréquence. Limites* L *du xénon.* Note (²) de MM. **A. Lepape** et **A. Dauvillier**, présentée par M. Ch. Moureu.

On sait que la théorie de Kossel, relative à la structure fine des limites d'absorption, ne prend une signification expérimentale précise que dans le

(¹) *Phil. Mag.*, t. 45, juin 1923, p. 1121.
(²) Séance du 25 juin 1923.

cas des absorbants à l'état atomique, gaz rares ou vapeurs métalliques, et que cette structure doit être d'autant plus apparente que la fréquence est plus faible (¹). Dans le but d'étudier ce phénomène, nous avons examiné les limites L du xénon, obtenu à l'état de pureté par l'un de nous.

Le gaz était contenu, sous une pression voisine de celle de l'atmosphère, dans une petite cuve de verre, de 4^{mm} d'épaisseur, obturée par de minces feuilles de cellophane. Le tube, muni d'un filament et d'une anticathode de tungstène, absorbait une soixantaine de milliampères sous 10 kilovolts, afin d'opérer sur un spectre continu pur. Avec une fenêtre de mica de $0^{mm},02$ d'épaisseur, les poses exigèrent plusieurs dizaines d'heures. Elles furent réduites à quelques heures par l'emploi d'une fenêtre de cellophane de $0^{mm},08$ d'épaisseur. La dispersion correspondait sur la plaque à 6 unités X par millimètre.

Nous avons, dans ces conditions, obtenu avec facilité les trois limites L du xénon. Leurs longueurs d'ondes ont été mesurées par rapport à une ligne blanche dont il sera question plus loin. Cet étalonnage s'est montré d'accord avec celui obtenu en considérant la raie $WL_1(\beta_2)_2$, seule visible sur les clichés ($\lambda = 1242,1$ X).

Nous avons trouvé, à quelques dixièmes d'unité X près :

$$L_3 = 2272,4; \quad L_2 = 2425,3; \quad L_1 = 2587,5 \text{ X}.$$

Ces mesures appellent quelques remarques :

1° Les valeurs obtenues se placent exactement, sur le graphique de Moseley des niveaux, sur le prolongement des droites représentatives des éléments Ag-I, mais non sur celui des droites Cs-Nd. Il se produit, pour le xénon, une discontinuité, avec décalage du côté des hautes fréquences et changement de pente (²). Ce phénomène, dû au réarrangement électronique interne qui a lieu pour cet élément, doit être présenté par tous les gaz rares.

2° Le fond continu obtenu sans écran étant sensiblement uniforme, les différences d'opacité observables de part et d'autre de chaque limite sont identiques. Or, la discontinuité L_3, en particulier, se produisant dans les bandes L_1 et L_2, devrait être partiellement masquée. Cet effet signifie donc qu'elle doit être beaucoup plus importante que les autres.

(¹) H. Fricke (*Phys. Rev.*, t. 16, 1920, p. 202) avait déjà étudié la limite K de l'argon, mais sans parvenir à observer une structure fine.

(²) Les longueurs d'ondes données par Lindsay pour les limites L_3, de Cs et Ba, sont, d'après nos mesures, trop courtes d'environ 5 unités X.

3° La limite L_1 présente une large bande claire, s'étendant du côté des hautes fréquences, avec un bord net pour L_1 et un bord diffus du côté opposé. La largeur de cette bande correspond à environ 13 volts, correction faite de la largeur de la fente collimatrice. Cette étendue est plus grande que ne le veut la théorie, car elle ne saurait dépasser le potentiel d'ionisation du gaz qui, d'après le graphique des niveaux, doit être voisin de 9 volts. La différence est peut-être due à la difficulté rencontrée pour mesurer la position du bord diffus.

4° Nous avons comparé, dans les mêmes conditions expérimentales, les limites L d'absorption des ions I^- et Cs^+ (iodure alcalin et sel de cæsium cristallisés) à celles du xénon.

Comme Hertz l'avait déjà observé pour Nd^{+++}, on obtient, avec un écran très mince de Cs^+, deux fortes lignes blanches L_1 et L_2 où l'absorption est totale sans que les bandes soient visibles. Le phénomène est tout à fait analogue à celui que l'on observe dans les spectres d'émission des ions des éléments très électropositifs Cs-Gd et il a été interprété par l'un de nous [1] comme dû au renversement des combinaisons P_3L_1 et P_3L_2. Ce gros phénomène n'est pas présenté par l'ion I^-, qui ne donne, de même que l'ion Br^- de l'émulsion photographique, que de faibles lignes d'absorption correspondant à l'effet prévu par Kossel.

5° Ces résultats contribuent à montrer que toutes les limites d'absorption sont mesurées avec une longueur d'onde trop grande lorsque le domaine linéaire passe inaperçu — comme par les méthodes d'ionisation, par exemple. — Lorsque le principe de combinaison est appliqué entre lignes d'émission et d'absorption, comme on peut le faire pour les éléments Cs-Gd, il faut encore ajouter à la valeur des niveaux de basse fréquence ainsi calculée le potentiel d'ionisation de l'atome normal pour obtenir la véritable énergie de ces niveaux.

6° Outre ces véritables lignes d'absorption, nos clichés présentent encore deux lignes blanches; une très forte : 2515,7 X et une très faible : 2451,5 X, qui sont dues à un effet de double réflexion, à l'intérieur du cristal de sel gemme, de radiations appartenant au spectre continu. La première subit, en effet, la réflexion p lorsqu'elle est contenue dans le plan bissecteur des faces p et $\overset{3}{b^4}$ et, quoique la densité des plans de ce dernier type soit très faible, elle est suffisamment réfléchie par eux pour ne plus présenter en

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1381.

réflexion p qu'une intensité insignifiante. Cette ligne a permis, en fonction de la distance réticulaire du sel gemme ($d = 2812,5$ X) (1), l'étalonnage absolu des clichés.

OPTIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur une combinaison de réflecteurs.* Note de M. **Marsat**, transmise par M. André Blondel.

Le décret du 27 mai 1921 avait décidé que les voitures automobiles devraient avoir un appareil capable d'éclairer à plus de 100^m, sans que la lumière aveuglante s'élève à plus de 1^m du sol.

La largeur moyenne d'une route étant d'une dizaine de mètres, le projecteur d'une voiture devait donner un faisceau méplat dont la section, à 100^m du véhicule, serait un rectangle de 10^m de large et 1^m de haut, ayant à peu près les mêmes proportions que le filament incandescent des lampes électriques employées dans beaucoup d'appareils.

Le réflecteur habituel, en forme de calotte de paraboloïde, donne toujours un faisceau sensiblement rond, quelle que soit la forme du corps éclairant; il ne peut convenir pour obtenir un faisceau méplat. Mais, il a l'avantage d'être plus petit que tout autre réflecteur devant, avec la même source lumineuse, donner la même intensité maxima au faisceau réfléchi.

Il était donc désirable de trouver une combinaison optique qui réfléchirait parallèlement tous les rayons lumineux, émis par une source de petite dimension placée au foyer, comme le fait le réflecteur parabolique, mais qui, en outre, conserverait au faisceau la forme méplate, qu'il semblait facile d'obtenir avec un filament allongé.

On arrive à ce résultat en plaçant le corps incandescent, en forme de bâtonnet horizontal, sur l'axe d'un premier réflecteur R_1 en forme de tore parabolique, surface dont la courbe méridienne est un arc de parabole ayant son foyer sur l'axe de révolution. Cet axe de révolution coïncide avec la ligne focale horizontale d'un second réflecteur R_2 cylindrique à directrice parabolique.

Le deuxième réflecteur R_2 reçoit, à la fois, la lumière qui lui est renvoyée par le premier réflecteur R_1 et une certaine quantité de lumière venue directement de la source lumineuse.

La lumière qui a été réfléchie par le réflecteur R_1, puis par le réflecteur

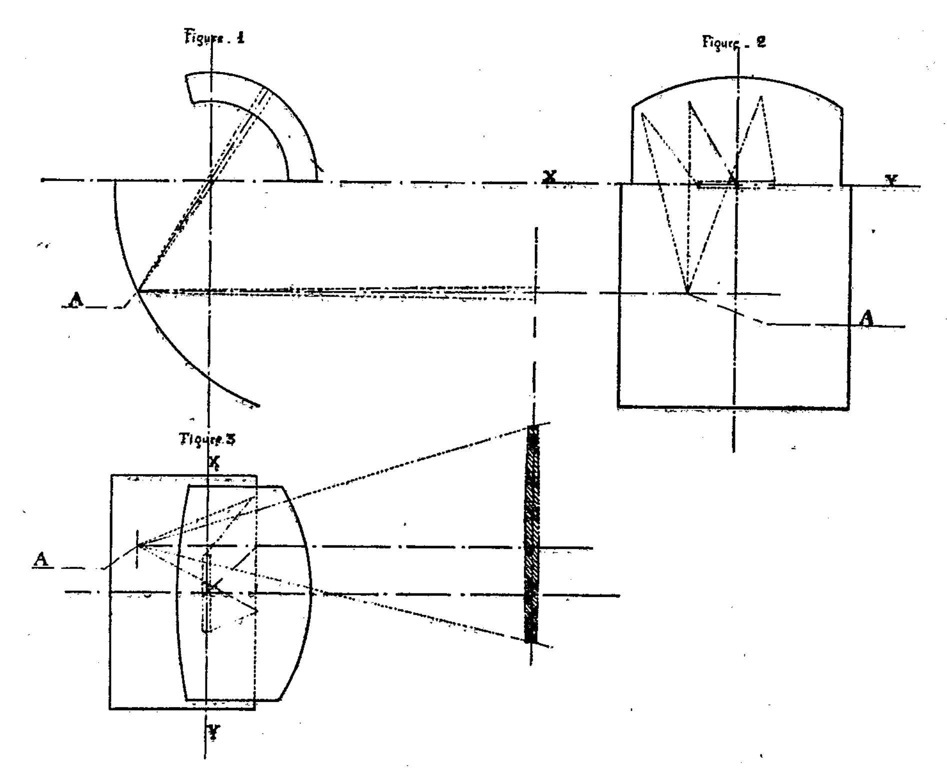
(1) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 965.

R_2, forme un faisceau qui n'a d'autre divergence que celle qui résulte de la forme même de la source et de ses distances aux réflecteurs R_1 et R_2.

L'intensité photométrique de ce faisceau est très élevée; au rendement près du réflecteur R_1, elle est égale à celle qui résulterait de l'emploi d'une source ayant même longueur que le réflecteur R_1 et même éclat que la source réelle.

La lumière qui n'a subi qu'une seule réflexion sur le réflecteur R_2 forme un faisceau peu divergent dans le sens vertical, très divergent dans le sens horizontal; son intensité photométrique est peu élevée.

Les figures 1, 2 et 3 montrent, pour la lumière réfléchie successivement



Tracé de l'image de la source donnée par le faisceau réfléchi au point A.

par les deux réflecteurs, le tracé de l'image du filament incandescent que dessinerait sur un plan parallèle à la droite XY le faisceau élémentaire réfléchi par un petit élément de surface A du second réflecteur R_2. La droite XY est, à la fois, l'axe de révolution de l'un des réflecteurs de la ligne focale de l'autre; elle coïncide avec l'axe du filament allongé qui sert

de source lumineuse. Il suffit que cette droite soit parallèle au sol de la route et perpendiculaire au sens de la marche pour que tous les faisceaux élémentaires issus des divers points du réflecteur R_2 et, par suite, le faisceau total aient la forme méplate et l'orientation convenables.

D'une manière plus générale, la combinaison de deux réflecteurs, l'un torique, l'autre cylindrique, permet, en utilisant d'autres courbes que la parabole, de mieux répartir sur une surface rectangulaire la partie du flux lumineux d'une lampe qui est reçue par le réflecteur torique.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches quantitatives sur le spectre d'étincelle ultraviolet du cuivre dans l'aluminium.* Note de M. **Xavier Waché**, présentée par M. A. de Gramont.

Les recherches ont porté sur la partie du spectre comprise entre λ 4800 et λ 2170. Elles ont été faites à l'aide d'un spectrographe Hilger, à système optique en quartz : prisme de Cornu de 60°, objectifs de collimateur et de chambre de 52^{mm} d'ouverture et de 610^{mm} de foyer pour la raie [F] λ 4861.

L'étincelle était produite au moyen du dispositif du constructeur Beaudoin. Ce dispositif comprend un transformateur débitant sur un éclateur aux bornes duquel est monté un circuit oscillant formé de deux condensateurs en série, réunis par une self plate; l'étincelle résulte du voltage uniquement dû à la haute fréquence de cette self. L'appareil n'avait pas été modifié et était alimenté par un courant alternatif de 3,5 ampères sous 110 volts.

Dans le cas de faibles teneurs, les indications quantitatives données par l'analyse spectrale sur la composition d'un alliage dépendent du métal diluant, et en particulier de son volume spécifique; à teneurs égales, le cuivre est moins sensible dans l'aluminium que dans un métal plus dense tel que le zinc.

Le tableau quantitatif suivant a été dressé à l'aide d'alliages de cuivre en teneurs décroissantes et d'aluminium; on opérait avec une fente d'environ $0^{mm},025$ et une pose de 90 secondes. Les longueurs d'onde qui figurent au tableau sont exprimées en unités internationales.

TABLEAU.

Sensibilité photographique des raies du cuivre dans l'aluminium.

λ internationales.	$\frac{5}{100}$.	$\frac{1}{100}$.	$\frac{5}{1000}$.	$\frac{2}{1000}$.	$\frac{5}{10000}$.	$\frac{1}{10000}$.	$\frac{5}{100000}$.
2179,4......	+	+	+	?	»	»	»
2189,6......	+	+	+	»	»	»	»
2192,2......	+	+	+	+	+	»	»
2199,9......	+	+	+	»	»	»	»
2210,2......	+	+	+	?	»	»	»
2218,1......	+	+	+	+	+	»	»
I. { 2227,7......	+	+	»	»	»	»	»
I. { 2228,8......	+	+	+	+	»	»	»
I. { 2230,2......	+	+	+	+	»	»	»
2242,6......	+	+	+	+	+	»	»
2246,9......	+	+	+	+	+	+	»
2276,2......	+	+	+	+	»	»	»
2294,3......	+	+	+	+	»	»	»
2356,5......	+	+	»	»	»	»	»
2369,8......	+	+	+	+	?	»	»
2376,3......	+	»	»	»	»	»	»
2400,1......	+	+	+	»	»	»	»
2403,4......	+	+	»	»	»	»	»
2441,6......	+	+	»	»	»	»	»
2473,4......	+	»	»	»	»	»	»
2492,1......	+	+	+	»	»	»	»
2506,4......	+	+	»	»	»	»	»
2544,9......	+	+	+	+	»	»	»
2590,6......	+	»	»	»	»	»	»
2600,4......	+	?	»	»	»	»	»
2618,5......	+	»	»	»	»	»	»
II. { 2689,4......	+	+	+	»	»	»	»
II. { 2701,1......	+	+	»	»	»	»	»
II. { 2703,3......	+	»	»	»	»	»	»
II. { 2713,6......	+	?	»	»	»	»	»
II. { 2718,9......	+	+	»	»	»	»	»
2769,8......	+	+	»	»	»	»	»
2824,3......	+	?	»	»	»	»	»
3247,5......	+	+	+	+	+	+	+
3273,9......	+	+	+	+	+	+	+

Au groupe I appartiennent les raies λλ 2224,8; 2231,0; 2231,6 qui sont présentes dans le spectre d'un alliage à 50 pour 100 de cuivre; les raies λλ 2225,1; 2226,8, du même groupe, sont présentes dans le spectre d'un

alliage à 10 pour 100 de cuivre, de même que la raie 2721,8, du groupe II.

L'apparition totale du spectre du cuivre dans l'aluminium a lieu pour une teneur en cuivre voisine de 60 pour 100. Pour cette teneur, le spectre de l'aluminium apparaît totalement; sa limite d'apparition totale correspond à une teneur en aluminium voisine de 20 pour 100. L'analyse spectrale peut donc donner des indications quantitatives pour de fortes teneurs en cuivre, mais les observations sont assez imprécises dans la région du spectre s'étendant de λ 3600 à λ 4800, à cause de la prédominance du spectre de l'air.

Les raies du cuivre qui persistent pour des teneurs de l'ordre du millième sont en même temps celles qui résistent à l'introduction de self-inductions croissantes dans le circuit de décharge [1]; comme l'a indiqué M. de Gramont, ceci est caractéristique des raies de grande sensibilité.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Compression et détente isotherme des dissolutions superficielles.* Note de M. A. **Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude isothermique complète des « dissolutions superficielles » (couches monomoléculaires d'acide oléique sur la surface de l'eau), comme l'étude des gaz ou des vapeurs (vapeurs saturantes ou gaz raréfiés), nécessite plusieurs appareils appropriés chacun à l'ordre de grandeur des pressions à mesurer. Nous en utilisons deux :

1° Un appareil de sensibilité moyenne qui mesure les pressions superficielles depuis 40 dynes-cm (pression de saturation) jusqu'à 0,5 dyne-cm;

2° Un appareil de grande sensibilité qui mesure les pressions jusqu'à $\frac{1}{1000}$ de dyne-cm, pressions observées lorsque l'atmosphère superficielle est étendue à 20 fois la surface de saturation.

En ce qui concerne l'appareil de sensibilité moyenne, nous avons été conduits à substituer à l'appareil décrit dans une précédente Note [2] un appareil donnant des mesures absolues dont voici le principe :

Sur la surface de l'eau flotte un « corps de pompe » à deux dimensions, découpé dans une feuille de mica paraffiné; le corps de pompe est maintenu immobile par deux aiguilles verticales qui traversent le mica sans frottement et sont plantées dans une masselotte immergée. Sur l'ouverture du corps de pompe s'applique une bandelette

(1) Néculcéa, *Thèse*, Paris, 1907.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 346.

de mica paraffiné flottante, formant soupape; cette bandelette est traversée sans frottement par deux aiguilles verticales que porte une longue paille horizontale suspendue par un fil de torsion. La substance du film monomoléculaire est déposée sur la surface intérieure au corps de pompe, la surface extérieure étant aussi propre que possible; on détermine la torsion minimum nécessaire pour équilibrer la pression de la dissolution superficielle, c'est-à-dire pour maintenir la soupape obturée.

Un piston est constitué par une bandelette qui s'appuie sur les parois latérales du corps de pompe; sa translation est commandée par l'intermédiaire d'un curseur portant deux aiguilles verticales et monté sur une vis horizontale à grand pas disposée au-dessus de la surface, parallèlement à l'axe du piston; elle détermine les compressions et détentes.

Pression de saturation. — On a pu la déterminer à $\frac{1}{20}$ près; elle est égale à 40 dynes-cm.

La pression de saturation en présence de gouttelettes (phase à 3 dimensions) reste parfaitement constante dans toutes circonstances (compressions, détentes, mesures faites à plusieurs minutes d'intervalle); le manque de fidélité de l'ancien appareil nous avait conduit à des conclusions moins nettes.

Nous avons constaté, par contre, que la pression superficielle en l'absence des gouttelettes diminue rapidement, et tombe de 40 dynes-cm à 20 dynes après 1 minute, 15 dynes après 5 minutes, et décroît ensuite très lentement. Ce phénomène doit être probablement attribué à ce que l'acide oléique n'est pas parfaitement insoluble; tout se passe en tout cas comme si l'on étudiait la compression d'un gaz dans un cylindre à paroi poreuse.

L'observation précédente rend compte des difficultés précédemment rencontrées, telles que l'impossibilité d'obtenir rigoureusement le palier de saturation par compression progressive et lente en partant d'une couche non saturée.

Elle suggère en même temps qu'il convient, pour tracer correctement la courbe $p = f(S)$, de procéder avec rapidité; on y parvient en substituant, à la méthode habituelle des détentes progressives, la méthode qu'on pourrait appeler celle des détentes indépendantes et instantanées.

Une couche saturée, occupant la surface S_1 [1], est détendue de S_1 à S_2; la pression résiduelle est mesurée; l'ensemble des deux opérations,

---

[1] On peut facilement former une couche saturée, telle que les gouttelettes soient rassemblées sur une région de la surface (A. Marcelin, *Ann. de Phys.*, 1913). Nous parlons ici de la détente d'une portion de surface libre de gouttelettes, isolée immédiatement avant la détente à l'aide de la bandelette qui va jouer le rôle de piston.

détente et mesure, demande quelques secondes. A plusieurs reprises, partant de couches saturées fraîches, on mesure les pressions résiduelles après détentes $S_1 - S_3$, $S_1 - S_4$, $S_1 - S_5$, etc. Tout se passe comme si la courbe $p = f(S)$ obtenue en groupant ces mesures indépendantes avait été déterminée dans son ensemble en quelques secondes.

L'appareil de grande sensibilité (¹) a été amélioré :

Une cage en verre protège tous les organes. Le fil de torsion a un diamètre de $0,15^{mm}$. La cuve a une surface 6 fois plus grande que dans l'appareil primitif; elle est circulaire, son diamètre est de 75^{cm}; un solide cylindrique de 32^{cm} de diamètre occupe la partie centrale; elle est coupée par une cloison radiale; les impuretés résiduelles résultant d'un essuyage imparfait (vide superficiel) se répartissent d'un côté de la bandelette sur une grande surface, leur pression est alors négligeable comparativement à celle de l'atmosphère étudiée qui s'exerce de l'autre côté de la bandelette.

Cet appareil a permis non seulement de déceler, mais de mesurer la pression pour une atmosphère superficielle 20 fois plus étendue que la surface de saturation, elle est alors égale à 0,001 dyne-cm, et de tracer point par point la courbe de compression (²).

La courbe $p = f(S)$ considérée depuis la saturation S_t jusqu'à une extension 20 fois plus grande n'est représentée ni par l'équation des gaz parfaits ni même par une équation de Van der Waals; remarquons que pour $S = 20 S_t$ les distances centre à centre des molécules sont inférieures à 4 fois leur diamètre. Au delà de l'extension $20 S_t$ la précision est encore insuffisante, mais nous envisageons des perfectionnements susceptibles de l'améliorer.

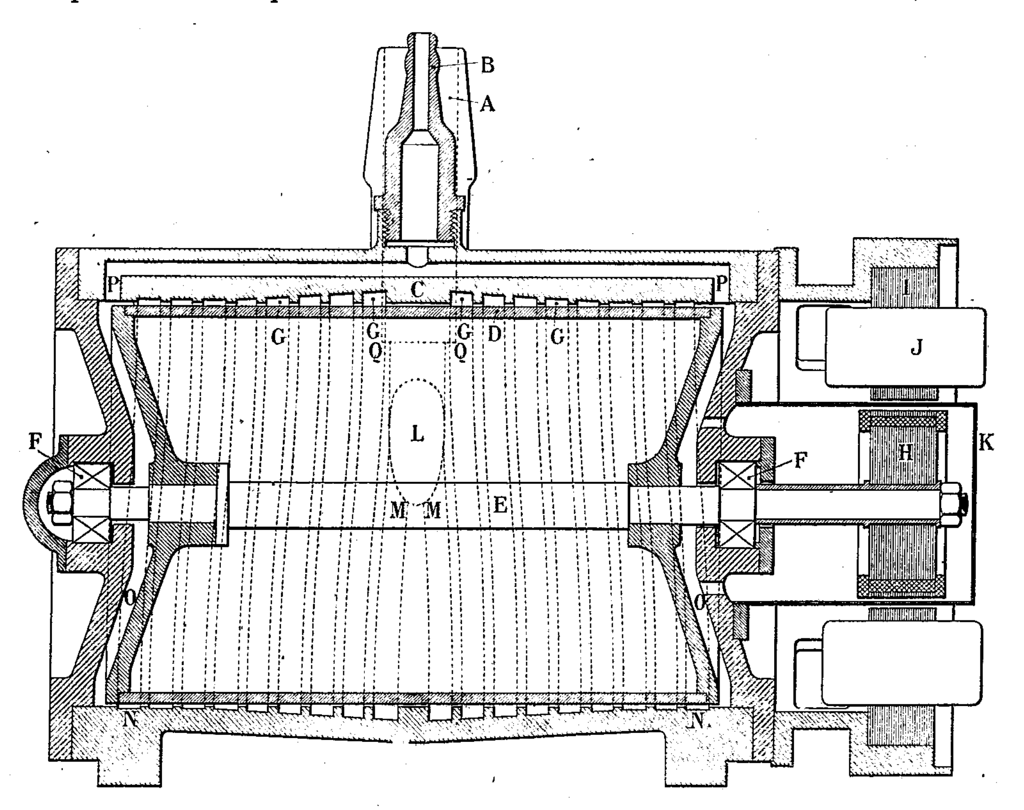
PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Pompe moléculaire hélicoïdale.* Note de M. **Holweck**, présentée par M. Jean Perrin.

Principe. — Il est le même que celui de la pompe moléculaire de Gaede (³). Les molécules du gaz à pomper s'engagent dans un long canal dont une partie de la paroi se déplace à grande vitesse. Par chocs successifs sur cette paroi mobile les molécules sont entraînées et finalement évacuées dans une pompe préparatoire. Pour un gaz ultra-raréfié, c'est-à-dire à une pression telle que le libre parcours moyen soit grand devant les dimensions

(¹) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 502.
(²) L'ancien appareil permettait à peine d'atteindre le centième de dyne.
(³) *Ann. d. Physik*, t. **2**, 1913, p. 366.

transversales du canal, une pompe moléculaire crée, entre l'orifice d'entrée du gaz et celui de sortie, un rapport de pression déterminé R qui ne dépend que des dimensions de l'appareil et de la vitesse de la paroi mobile.

Description. — L'appareil se compose d'un corps de pompe cylindrique C dans lequel ont été creusés deux canaux hélicoïdaux G, G à



pas contraire et de profondeur variable. Les filets les plus profonds se réunissent au milieu de la pompe et communiquent par un gros canal d'aspiration LA avec le récipient à vider. Les deux autres extrémités des hélices aboutissent au tube P qui conduit à la pompe préparatoire. A l'intérieur de ce corps de pompe et à une très faible distance ($0^{mm},03$) tourne autour de l'axe E un tambour cylindrique lisse D. Deux roulements à billes F, F supportent l'axe. Le tambour qui est dans le vide préparatoire est mis en rotation, sans lien mécanique, au moyen d'un petit moteur asynchrone diphasé dont le rotor H est dans le vide et le stator I, J dans l'air. A cet effet, le rotor est en bout de l'arbre et une cloche étanche K, en métal mince à haute résistance électrique, passe par l'entrefer.

La vitesse normale de rotation est de 4500 tours par minute. Dans un vide préparatoire de 10 baryes, le tambour met plus de 45 minutes à s'arrêter, la puissance prise par les roulements à 4500 tours : min étant de l'ordre de 10 watts.

Plusieurs types de pompe ont été construits : dans tous ces types, le diamètre du tambour D est de 15^{cm}, le pas de l'hélice est de $1^{cm},5$, la largeur du canal de $1^{cm},1$, mais on a fait varier la profondeur des filets et la longueur du canal de façon à modifier le rapport R et le débit D de la pompe (R est d'autant plus grand et D plus petit que le canal est plus long et plus plat).

Dans le type A nous avons, de chaque côté de l'orifice, 4 tours et quart d'un canal dont la profondeur maximum est de 5^{mm}, suivi de 2 tours et demi d'un canal de profondeur constante et égale à $0^{mm},5$.

Dans le type B, nous avons 3 tours et demi d'un canal allant de 8^{mm} à $0^{mm},5$, suivi de 2 tours et quart de $0^{mm},5$.

Dans le type C, nous avons 3 tours et demi d'un canal allant de 17^{mm} à $0^{mm},5$, suivi de 2 tours et quart de $0^{mm},5$.

Résultats. Vide limite. Rapport R. — Pour ces trois types d'instruments, avec une vitesse de rotation de 4500 t : min et un vide préparatoire de 15^{mm} de mercure, la pression des gaz parfaits subsistant du côté bon vide est certainement inférieure à 10^{-3} barye ; cette pression étant mesurée au moyen d'un manomètre absolu de Knudsen avec interposition d'un réfrigérant dans l'air liquide. Sans air liquide, avec une pompe très propre, la pression limite est de l'ordre de quelques centièmes de barye : le débit de la pompe s'annulant beaucoup plus tôt pour les gaz condensables que pour les gaz parfaits.

Le rapport R a été déterminé en augmentant la pression p du gaz du côté vide préparatoire jusqu'à obtenir 10^{-2} barye de gaz parfait du côté bon vide. On a ainsi trouvé pour le type A : $p = 40$ à 80^{mm} [1], $R = 4$ à 8 millions; pour le type B : $p = 28^{mm}$, $R = 2,8$ millions; pour le type C : $p = 16^{mm}$, $R = 1,6$ million.

Débit. — Pour mesurer le débit, la pompe était réunie à un ballon de $7^{l},5$ au moyen d'un gros canal dans lequel se trouvait un large clapet rodé mobile de l'extérieur au moyen d'un électro-aimant. Le ballon communiquait avec un manomètre. Pour faire la mesure on ouvrait pendant 2 ou 5 secondes le clapet et on mesurait la variation de pression dans le ballon.

---

[1] Suivant le centrage du tambour dans le corps de pompe.

Le débit, qui est une fonction de la pression moyenne, est donné par la formule

$$D = \frac{V}{t} \log_e \frac{p_1}{p_2}.$$

Pompe type A. — Cette pompe a donné une courbe de débit en fonction de la pression très analogue à celle de la pompe moléculaire de Gaede : pour une pression moyenne de 100 baryes, 1,3 lit : sec; pour 10 baryes, $1^l,4$; pour 1 barye, $1^l,3$.

Pompe type B. — Le débit maximum, entre 10 baryes et 1 barye, a seul été mesuré; il est de l'ordre de 2,3 lit : sec.

Pompe type C. — Le débit pour 100 baryes est de 1 lit : sec, pour 10 baryes, 3,5 lit : sec; pour 1 barye, 4,5 lit : sec, puis il décroît lentement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de* 760^{mm}. Note de MM. E. Carrière et Cerveau, présentée par M. Haller.

La détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide azotique et d'eau a été faite par M. Pascal [1], mais à notre connaissance aucun travail analogue n'a été exécuté ni pour l'acide chlorhydrique, ni pour l'acide bromhydrique. Nous rappellerons que la température d'ébullition des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau présente un maximum égal à 126° pour une concentration en acide bromhydrique du mélange de 47,5 pour 100.

Nous nous sommes tout d'abord attachés à avoir de l'acide bromhydrique concentré et pur. Nous avons débarrassé l'acide bromhydrique concentré de la petite quantité d'acide chlorhydrique qu'il renfermait, par distillation fractionnée. L'acide chlorhydrique s'élimine au début de la distillation avant que soit atteint le maximum de la température d'ébullition. L'acide purifié est partagé en deux parties : la première est distillée sur du bromure de calcium desséché; la seconde sert à la condensation des vapeurs d'acide bromhydrique qui se dégagent de la première. C'est cette deuxième portion ainsi obtenue à un taux de concentration convenable qui constitue l'échantillon d'acide bromhydrique ayant servi à nos déterminations.

L'obtention des points de la courbe d'ébullition a été effectuée par

---

[1] *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 589.

dosage préalable des mélanges d'acide et d'eau soumis à l'ébullition et par détermination de la température d'ébullition commençante, le thermomètre plongeant dans le liquide.

Nous distinguerons deux cas pour l'obtention des points de la courbe de rosée.

Premier cas. — Le mélange d'acide bromhydrique et d'eau à distiller renferme plus de 47,5 pour 100 d'acide bromhydrique, cette teneur étant celle du mélange bouillant à température maximum. La vapeur, très riche en acide bromhydrique, est condensée dans un volume donné de soude titrée. La vapeur acide absorbée est déterminée par pesée exacte. Le titre de l'acide est connu par dosage de la soude en excès.

Deuxième cas. — Le mélange d'acide bromhydrique et d'eau soumis à l'ébullition renferme moins de 47,5 pour 100 d'acide bromhydrique. Les vapeurs sont condensées par un réfrigérant; le distillat correspondant à l'ébullition commençante est analysé.

Dans les deux cas, la température est déterminée en plaçant le réservoir du thermomètre à la hauteur de la tubulure latérale du ballon de Würtz employé.

La distillation est très lente et correspond à quelques décigrammes par minute.

Les résultats obtenus figurent dans les Tableaux ci-après :

Tableau I relatif à la courbe d'ébullition.

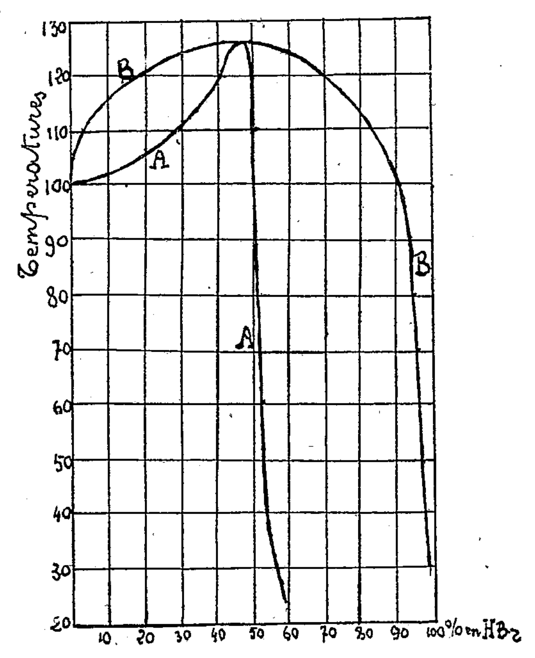
Température d'ébullition.	Composition en HBr pour 100 du mélange en ébullition.	Température d'ébullition.	Composition en HBr pour 100 du mélange en ébullition.
°	pour 100	°	pour 100
22	60	123,6	43,8
26	57,8	120,6	41,8
28	56,7	116,5	38,2
31	55	114	34,8
40	53,6	111,5	30,8
110	50,8	107,5	24,8
123,5	49,3	106,5	21,4
124,5	48,4	103,5	15
126	47,5		

Température d'ébullition	102°	101°,75	101°,25
Composition en HBr pour 100 du mélange en ébullition	11,3	9,1	6,6

Tableau II relatif à la courbe de rosée.

Température de distillation.	Composition en H Br pour 100 du distillat.	Température de distillation.	Composition en H Br pour 100 du distillat.
o	pour 100	o	pour 100
25........	99	126.........	47,5
27,5......	98,8	123.........	24,5
29,5......	97,3	116.........	10,5
45........	97	106,5.......	0,74
90........	95	104.........	0,4
105........	91	102.........	0,1
124........	57,5	100,5.......	0,03
125,25.....	54,3		

Les résultats des deux Tableaux sont d'autre part représentés par la figure ci-dessous, AA étant la courbe d'ébullition, BB la courbe de rosée. Le



AA, courbe d'ébullition des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760^{mm};
BB, courbe de rosée des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760^{mm}.

maximum pour la température d'ébullition, soit 126°, correspond à la composition de 47,5 pour 100 en acide bromhydrique; ces résultats concordent avec ceux trouvés par MM. Champion et Pellat (*Comptes rendus*, t. 70, p. 620). D'autre part, les courbes d'ébullition et de rosée sont bien tangentes pour la température maximum, conformément à la règle de Gibbs-Konovaloff.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations polarimétriques sur l'émétique, le tartrate et le malate d'uranyle.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. Haller.

Les mesures de pouvoir rotatoire m'ont permis récemment d'élucider les réactions qui ont lieu dans les solutions renfermant l'acide malique, l'acide molybdique et une base. Il était à prévoir que le procédé employé s'appliquerait au cas d'un autre oxyde acide et d'un autre acide actif. Il m'a donné effectivement des résultats que je crois nouveaux sur les propriétés de l'émétique ordinaire et des tartrate et malate d'uranyle.

1. *Action des bases sur l'émétique.* — L'action de la potasse sur l'émétique ordinaire a été étudiée par divers auteurs. M. Guntz [1] a montré que, si l'on ajoute peu à peu de la potasse, elle précipite immédiatement Sb^2O^3; la précipitation est presque totale (96 pour 100) pour une certaine proportion de KOH. L'oxyde se redissout dans un excès. A la concentration étudiée ($20^g,6$ par litre), il faut, pour la redissolution totale, huit fois la quantité de KOH qui donne la précipitation maxima. M. Guntz pense que Sb^2O^3 se combinerait à KOH pour donner l'antimonite de potassium qui reste dissous. L'étude du pouvoir rotatoire de la solution permet de montrer que cette redissolution doit s'interpréter autrement.

On dissout $0^g,5$ d'émétique dans l'eau; on ajoute une quantité variable de KOH $\left(\frac{x}{1000}\right)$; on complète à 50^{cm^3}. Il est préférable de verser la solution d'émétique dans la potasse. On agite et l'on filtre s'il y a précipité; la liqueur filtrée est polarisée sous 2^{dm} pour les trois raies jaune, verte et indigo du mercure. On retrouve exactement les apparences décrites par M. Guntz avec les rotations suivantes pour la raie jaune :

x.	0.	0,78.	1,575.	3,15.	6,3.	9,45.	12,6.	15,75.	18,9.	23,6.
α_J^{2dm}...	+3,00	+1,61	+0,48	+0,12	−0,36	−0,70	−1,21	−1,68	−1,75	−1,70

Sb^2O^3 a été redissous pour les deux dernières solutions.

Si l'on construit la courbe de ces rotations en fonction de x, on trouve deux cassures très nettes : 1° l'une vers $\frac{1,5}{1000}$; l'autre vers $\frac{16}{1000}$.

La première correspondrait à la fin de la réaction

$$2T(SbO)K + 2KOH = 2TK^2 + Sb^2O^3 + H^2O \quad (^2).$$

(1) *Ann. de Ch. et Phys.*, 6e série, t. 13, p. 388.

(2) TH^2 désignant l'acide tartrique.

Le pouvoir rotatoire est en effet celui du tartrate neutre, la dispersion rotatoire également.

A partir de ce point, si Sb^2O^3 donnait simplement SbO^2K, corps inactif, on devrait avoir une rotation constante. On voit que la rotation varie considérablement jusqu'à prendre des valeurs gauches importantes. Il est donc probable que Sb^2O^3 *rentre dans un nouveau composé lévogyre formé avec l'acide tartrique et la potasse.* La deuxième phase de la réaction dépend de la concentration. Elle est ci-dessus de 10g d'émétique par litre. J'ai étudié les solutions renfermant 20g et 40g. Les $[\alpha]$ gauches augmentent un peu plus vite en solutions concentrées. Pour la solution à 20g les deux cassures sont à $\frac{3}{1000}$ et $\frac{22}{1000}$, c'est-à-dire presque exactement dans le rapport indiqué par M. Guntz. Pour la solution à 40g on trouve $\frac{6}{1000}$ et $\frac{33}{1000}$. Il semble que le nouveau composé soit plus stable en solutions concentrées. Sa dispersion rotatoire est importante, très supérieure à celle d'un tartrate normal. Je n'ai pas jusqu'ici réussi à l'isoler de la solution.

II. Sels d'uranyle. — A. *Tartrate.* — Le tartrate d'uranyle, découvert par Péligot, a été l'objet d'un certain nombre de travaux dont les plus récents sont ceux de M. Bruhat [1]. Les auteurs l'envisagent à volonté comme un sel neutre ou comme un acide complexe. L'action des bases, étudiée comme ci-dessus, permet de décider en faveur de la deuxième conception.

On prépare des solutions contenant 0g,5 de tartrate et des quantités variables de soude dans 50cm³. La précipitation n'a pas lieu pour celles qui contiennent peu de soude; elle ne commence que par addition d'une quantité supérieure à deux fois celle qui serait nécessaire pour saturer l'acide tartrique. La rotation varie d'une façon systématique, comme l'indique le Tableau suivant :

x.	0.	0,27.	0,535.	0,804.	1,07.	1,34.	1,875.	2,14.	2,41.	3,35.	5,02.
α_j^{2dm}....	+1,95	2,20	2,45	2,76	3,15	2,00	1,56	0,91	0,49	0,22	0,23

Les deux dernières solutions ont été filtrées. La courbe des rotations possède un point anguleux très net pour une proportion de soude correspondant à $\frac{Na}{T=1}$. Il est probable qu'il existe un deuxième composé renfermant 2 Na et peu stable en solutions étendues. La rotation constante obtenue à la fin est celle du tartrate neutre de Na. Ces résultats confirment quelques mesures d'Itzig [2].

[1] *Ann. de Physique*, 1920, p. 25.
[2] *Ber.*, 3e série, t. 34, 1901, p. 3822.

B. *Malate.* — Il a été préparé par Itzig (*loc. cit.*); je l'ai étudié de la même façon que le tartrate. Les solutions renferment $0^g,3$ de sel et $\frac{x}{1000}$ de soude pour 60^{cm^3}. Le Tableau suivant donne les rotations :

x.	0,24.	9,48.	0,72.	0,96.	1,20.	1,44.	1,68.	1,92.	2,16.	2,40.	3,00.
$-\alpha_j^{2dm}$...	1,54	1,79	1,99	1,91	1,75	1,55	1,30	1,13	0,96	0,76	0,31

Les trois dernières solutions ont précipité; on retrouve la même apparence que pour le tartrate. Le composé défini net contiendrait l'acide malique, l'oxyde d'urane et la soude dans des proportions moléculaires égales. Il existerait un deuxième composé contenant 2 Na.

Il est admis actuellement que l'émétique dérive d'un acide antimoniotartrique; les composés dimolybdomaliques que j'ai isolés lui sont analogues. Il faut admettre aussi que le tartrate et le malate d'uranyle sont deux acides complexes. J'ai mis en train l'étude directe de l'acidité des solutions de tous ces corps; elle paraît devoir confirmer les conclusions ci-dessus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équilibre entre l'iodure de plomb et les iodures de potassium et d'ammonium en solution aqueuse.* Note [1] de Mme **N. Demassieux**, présentée par M. G. Urbain.

Les iodures de plomb et de potassium ont été successivement l'objet des recherches de Boullay [2], Ditte [3], Marcellin Berthelot [4], Mlle Field [5], Herty [6], Schreinemakers [7], Wells et Johnston [8], Balcom [9]. Comme les divers résultats obtenus par ces auteurs présentent quelquefois des contradictions, j'ai repris l'étude de ces composés par la méthode bien connue des solubilités qui permet d'obtenir les diagrammes d'équilibre.

(1) Séance du 25 juin 1923.
(2) Boullay, *Ann. Chim. Phys.*, t. 34, 1827, p. 366.
(3) Ditte, *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. 24, 1881, ou *Comptes rendus*, t. 20, p. 1180.
(4) Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. 29, 1883, p. 289.
(5) Mlle Field, *Chem. News*, t. 67, 1893, p. 157.
(6) Herty, *Amer. Chem. Journ.*, t. 18, 1896, p. 290.
(7) Schreinemakers, *Zeitsch. phys. Chem.*, t. 10, 1892, p. 477.
(8) Wells et Johnston, *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. 3, 1893, p. 195-210.
(9) Balcom, *Abbeg. Handbuch der anorg. Chem.*, t. 3^2, p. 667.

Résultats pour le système $PbI^2 — KI — H^2O$.

Nature de la phase solide.	50° PbI² en grammes dans 100g de solution.	50° KI en grammes dans 100g de solution.	13° PbI² en grammes dans 100g de solution.	13° KI en grammes dans 100g de solution.
PbI^2	0,17	0	0,05	0
PbI^2	0,02	9,33	0,001	2,21
PbI^2	0,27	21,00	0,001	4,18
PbI^2	1,82	29,51	0,002	9,09
PbI^2	2,52	30,57	0,003	14,01
$PbI^2 + PbI^2, KI, 2H^2O$	3,11	31,77	0,05	16,02
$PbI^2, KI, 2H^2O$	3,99	36,18	0,19	21,32
$PbI^2, KI, 2H^2O$	5,56	42,08	0,68	34,45
$PbI^2, KI, 2H^2O$	11,59	54,63	0,97	40,21
$PbI^2, KI, 2H^2O$	13,33	55,00	3,30	54,36
$PbI^2, KI, 2H^2O + KI$	14,14	56,41	4,54	56,55
KI	9,72	58,49	3,10	56,90
KI	5,55	60,28	»	»
KI	1,52	61,98	»	»
KI	0	62,39	0	57,66

Fig. 1.

Le diagramme met en évidence la formation d'un sel double,

$$PbI^2, KI, 2H^2O$$

qui a été obtenu par Herty et Wells, et Johnston. Les autres composés décrits antérieurement n'ont pas pu être révélés.

Les iodures de plomb et d'ammonium ont été de même l'objet des recher-

ches de Boullay ([1]), Ditte ([2]), Mlle Field ([3]), Wells et Johnston ([4]), Herty ([5]), Mosnier ([6]), Fonzes-Diacon ([7]).

Résultats pour le système $PbI^2—NH^4I—H^2O$.

Nature de la phase solide.	50°		20°	
	PbI^2 en grammes dans 100g de solution.	NH^4I en grammes dans 100g de solution.	PbI^2 en grammes dans 100g de solution.	NH^4I en grammes dans 100g de solution.
PbI^2....................	0,17	0	0,06	0
PbI^2....................	0,14	6,13	0,02	3,54
PbI^2....................	0,15	9,91	0,03	6,06
$PbI^2 + PbI^2, NH^4I, 2H^2O$..	0,29	13,47	0,10	7,02
$PbI^2, NH^4I, 2H^2O$........	0,34	18,07	0,20	14,50
$PbI^2, NH^4I, 2H^2O$........	8,51	54,79	0,92	45,80
$PbI^2, NH^4I, 2H^2O$........	13,18	58,21	2,96	56,71
$PbI^2, NH^4I, 2H^2O + NH^4I$.	16,06	61,35	4,90	61,10
NH^4I..................	9,88	61,95	2,10	61,50
NH^4I..................	6,24	63,98	»	»
NH^4I..................	0	66,47	0	61,62

Fig. 2.

([1]) Boullay, *Ann. Chim. Phys.*, t. 34, 1827, p. 366.
([2]) Ditte, *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. 24, 1881.
([3]) Mlle Field, *Chem. Soc.*, t. 63, p. 540, ou *Chem. News*, t. 67, 1893, p. 157.
([4]) Wells et Johnston, *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. 4, 1893, p. 117.
([5]) Herty, *Am. Chem. Journ.*, t. 18, 1896, p. 290.
([6]) Mosnier, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, t. 12, 1897, p. 374.
([7]) Fonzes-Diacon, *Bull. Soc. chim.*, t. 1, 1897, p. 346.

Le diagramme montre l'existence d'un sel double $PbI^2, NH^4I, 2H^2O$, décrit par Wells et Johnston et Herty. Les autres composés n'ont pas pu être isolés.

Cette Note donne seulement un abrégé de mes recherches qui seront publiées ailleurs *in extenso*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'association du chlorure mercurique.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans le but d'étudier par voie ébullioscopique les sels complexes formés par le chlorure mercurique avec les chlorures alcalins en dissolution dans l'eau, nous avons été conduits à déterminer l'élévation du point d'ébullition des solutions de ce sel à différentes concentrations. Nous avons ainsi observé que ce sel était associé.

Ce fait avait été constaté déjà qualitativement par divers auteurs, dans des observations isolées : Kahlenberg (¹), Beckmann (²), Landsberger (³); aucun d'eux n'a indiqué de relation quantitative de ce phénomène. Nous avons résolu ce problème à la suite de nos déterminations; les résultats de nos mesures sont contenus dans le Tableau suivant :

Numéros.	Concentration.	Élévation du point d'ébullition observée — 1re série.	2e série.	Élévation calculée.
1	0,175	0,075	0,085	0,090
2	0,350	0,159	0,164	0,174
3	0,525	0,251	0,247	0,249
4	0,583	0,270	0,271	0,273
5	0,700	0,316	0,318	0,319
6	0,875	0,385	0,387	0,385
7	1,050	0,455	0,446	0,448
8	1,225	0,512	0,506	0,509
9	1,400	0,566	0,569	0,568
10	1,575	0,631	0,628	0,267

Nous avons cherché si ces données satisfaisaient à la loi des masses appliquée à l'équation

$$\underset{c}{n\,Cl^2Hg} \rightleftharpoons \underset{c'}{(Cl^2Hg)^n}$$

(¹) L. Kahlenberg, *Journ. Ph. Ch.*, t. 5, 1901, p. 367.

(²) E. Beckmann, *Z. S. ph. Ch.*, t. 6, 1890, p. 460.

(³) W. Landsberger, *Z. S. An. Ch.*, t. 17, 1898, p. 450. — S. F. J. Sakurai, *Journ. ch. Soc.*, t. 61, 1893, p. 998, u. Benrath, *Z. S. anorg. Ch.*, t. 54, 1907, p. 329.

et nous avons trouvé qu'il en était ainsi pour $n = 3$. On a :

$$C = c + 3c', \tag{1}$$

$$\frac{c}{3c'} = \frac{x}{x'}, \tag{2}$$

$$x + x' = a, \tag{3}$$

C étant la concentration du chlorure mercurique supposé à l'état de molécule simple connue par la masse a de sel dissous dans 100g d'eau, x et x' les masses respectives de ce sel à l'état de molécules simple et triple, dans la solution.

Si nous négligeons, ce qui est légitime, vu sa petitesse, la dissociation électrolytique du chlorure mercurique, et si nous admettons que la molécule simple et la molécule triple coexistant dans la dissolution produisent la même élévation ébullioscopique, que si elles étaient seules en présence du même poids d'eau, on a pour l'élévation Δe

$$\Delta e = 5,2\left(\frac{x}{271} + \frac{x'}{813}\right) \tag{4}$$

et

$$K = \frac{c^3}{c'}. \tag{5}$$

Des quatre premières équations où C, a et Δe sont connus, on tire c et c'; on calcule K à l'aide de (5); on a

Numéros.	Concentration.	K. 1re série.	K. 2e série.
1	0,175	0,0123	0,054
2	0,350	0,81	1,17
3	0,525	3,04	2,48
4	0,583	2,48	2,58
5	0,700	2,54	2,71
6	0,875	2,80	2,94
7	1,050	3,19	2,69
8	1,225	2,99	2,68
9	1,400	2,72	2,84
10	1,575	2,92	2,80

Si nous négligeons les valeurs de K relatives aux deux plus basses concentrations pour lesquelles les erreurs relatives sont considérables, et où il se produit des phénomènes secondaires dont nous reparlerons, on voit que la constance de K est très convenable. Au reste, si l'on supposait que l'asso-

ciation ait lieu par 2 ou 4 molécules, on trouverait pour la constante d'équilibre :

Concentrations	0,525	0,875	1,575
$2Cl^2Hg \rightleftharpoons (Cl^2Hg)^2$ K =	2,48	1,33	0,858
$4Cl^2Hg \rightleftharpoons (Cl^2Hg)^4$ K =	1,764	3,488	5,17

résultats qui font rejeter ces deux hypothèses.

Pour $n = 3$, la moyenne de K pour les six concentrations les plus élevées où les erreurs relatives sont minima, est : 2,86 pour la première série, et 2,78 pour la seconde.

En partant de K = 2,78 qui offre le plus de garantie, l'on calcule (par approximations successives), à l'aide des équations (1), (2), (3), (5), les valeurs de x et x', qui portées dans (4) fournissent les valeurs de Δe calculées, figurant dans le premier Tableau; ces valeurs sont très concordantes avec celles que l'on a mesurées directement, sauf pour les deux plus basses concentrations.

Nous remarquerons que, pour ces deux dernières, les valeurs calculées sont un peu supérieures aux valeurs observées malgré l'hydrolyse qui est élevée à ces basses concentrations puisqu'elle est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la racine carrée de la délution. Il est très vraisemblable que l'acide chlorhydrique mis en liberté est absorbé en grande partie par la molécule simple Cl^2Hg, en grand excès, pour former un complexe; la petite réduction du nombre de molécules qui en résulte abaisse l'élévation du point d'ébullition.

Il est probable aussi que le composé formé $(Cl^2Hg)^3$ n'est pas simplement un corps associé, mais un complexe $\left[\underset{-}{HgCl^3}\right]^2 \underset{++}{Hg}$ de même type que Cl^2Hg, $ClK = \left[\underset{-}{HgCl^3}\right]\underset{+}{K}$.

Notons enfin, que, si l'on rassemble les données fournies par les auteurs cités précédemment, on a pour $n = 3$ une constance médiocre pour K.

Cl^2Hg dans 100g d'eau	3,341	8,68	16,54	22,22	34,90	52,59
Élévation	0°,056	0°,159	0°,268	0°,338	0°,496	0°,645
K =	0,13	3,65	2,15	3,65	2,88	1,97

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'existence des magnésiens arsinés.* Note de MM. **André Job** et **René Reich**, présentée par M. Charles Moureu.

L'étude que nous poursuivons sur les composés organométalliques a ramené notre attention sur la réaction étudiée par L. Meunier : l'ammoniac,

les amines primaires et secondaires réagissent sur les organomagnésiens et l'on obtient des composés du type $C^6H^5NHMgBr$ ou même, avec les amines primaires (d'après Sudborough et Hibbert) (¹) en élevant la température à 120°, des composés tels que $C^6H^5N(MgBr)^2$.

Nous avons pensé à étendre cette réaction aux phosphines, aux arsines et aux stibines. L'intérêt tout particulier que présentent les composés arsenicaux nous a déterminés à faire notre premier essai sur une arsine et il s'est trouvé que nous avions à notre disposition de la monophénylarsine $C^6H^5AsH^2$. Nous avons pu constater qu'elle réagit en effet, mais à la température d'ébullition de l'éther nous n'avons pas obtenu le type intermédiaire $C^6H^5AsHMgBr$, nous avons atteint immédiatement le dimagnésien $C^6H^5As(MgBr)^2$. Son existence est démontrée par l'ensemble des faits qui vont suivre.

Tout d'abord, en faisant réagir 1^{mol} d'arsine sur 2^{mol} de C^2H^5MgBr, nous avons obtenu exactement 2^{mol} d'éthane, ce qui correspond bien à l'équation

$$C^6H^5AsH^2 + 2C^2H^5MgBr = C^6H^5As(MgBr)^2 + 2C^2H^6.$$

Dans une solution éthérée de magnésien renfermant $9^g,30$ de C^2H^5MgBr, nous versons peu à peu 55^g d'une solution éthérée de phénylarsine contenant $5^g,37$ de $C^6H^5AsH^2$. La réaction est instantanée et nous avons recueilli 1590^{cm^3} d'éthane (calculé 1580^{cm^3}).

Une couche huileuse apparaît au fond du ballon. Pour rester en milieu homogène il suffit d'ajouter un peu de benzine dans les solutions éthérées ou de partir d'une solution benzénique de phénylarsine.

La solution du magnésien arsiné doit être maintenue à l'abri de l'air, car elle est très oxydable et son oxydation se révèle par un jaunissement prononcé.

Elle est aussi très sensible à l'action de l'eau qui la décompose en régénérant de la phénylarsine. D'ailleurs on peut dire que toutes ses réactions rappellent les caractères des organomagnésiens. Nous avons étudié qualitativement quelques-unes d'entre elles (sur les éthers-sels, les aldéhydes, les cétones, les chlorures d'acide).

Nous nous contenterons aujourd'hui de décrire la réaction du gaz carbonique et celle du chloroformiate d'éthyle.

Le gaz carbonique est avidement absorbé par la solution limpide du

(¹) Voir aussi le travail de MM. Moureu et Mignonac, *Sur la diagnose des bases primaires, secondaires et tertiaires* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1624.

magnésien arsiné, la solution s'échauffe et l'on voit apparaître un précipité abondant. Il est vraisemblable qu'il s'est formé ainsi le sel

$$C^6H^5As\ (CO^2MgBr)^2.$$

Nous avons essayé d'en libérer l'acide par de l'eau acidulée, mais dans ces conditions on voit le gaz carbonique se dégager; l'acide cherché est donc détruit aussitôt. L'eau pure suffit même à hydrolyser le sel et l'acide se détruit encore. Il se forme du bicarbonate de magnésium et l'on régénère la phénylarsine qui est à nouveau captée par l'éther.

Mais si l'acide est instable, ses éthers-sels du moins sont accessibles; nous l'avons reconnu en traitant le magnésien par le chloroformiate d'éthyle.

Le magnésien arsiné préparé selon les indications précédentes sur $\frac{1}{10}$ de molécule-gramme d'arsine (15^g,4), est transvasé sous pression d'hydrogène et versé peu à peu dans une solution benzénique bouillante de chloroformiate d'éthyle en léger excès (23^g au lieu de 21^g,6, soit un peu plus de $\frac{2}{10}$ de molécule). Un précipité solide apparaît. On continue de chauffer pendant deux heures environ; puis après refroidissement on traite la solution par l'eau glacée. La couche éthérée est alors séparée, séchée et distillée dans le vide. On n'y trouve plus de phénylarsine. On rectifie et on recueille alors entre 180° et 183° sous 20^{mm}, 11^g d'une huile incolore d'odeur faiblement éthérée. Ce produit paraît stable à l'air.

Il est légitime de supposer que la réaction du chloroformiate sur le magnésien arsiné s'est faite de la façon suivante :

$$C^6H^5As(MgBr)^2 + 2Cl - CO^2C^2H^5 = C^6H^5As(CO^2C^2H^5)^2 + MgBr^2 + MgCl^2.$$

La formule que nous attribuons ainsi au produit obtenu se vérifie d'ailleurs très bien par le dosage d'arsenic et par la détermination du poids moléculaire. On y trouve 25,2 pour 100 d'arsenic (calculé 25,2). Le poids moléculaire trouvé (par cryoscopie dans le benzène) est 278; calculé 298.

Nous avons essayé d'y retrouver le carbone des carboxyles en traitant à chaud par un excès de potasse alcoolique. Il se reforme ainsi de la phénylarsine et la liqueur acidulée donne un dégagement de gaz carbonique correspondant à 83 pour 100 de la quantité attendue. Ces faits concordent bien avec la formule que nous attribuons à ce composé.

L'existence des arsinomagnésiens se trouve donc établie et déjà nous voyons la possibilité d'attacher directement le carboxyle à l'arsenic. Nous espérons tirer parti de ces magnésiens pour obtenir soit à partir des arsines primaires et secondaires des séries grasse et aromatique, soit à partir des arsenobenzènes des types nouveaux de molécules arsénicales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode volumétrique d'analyse élémentaire.* Note de MM. L. **Hackspill** et G. **de Heeckeren**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Le principe de la méthode est le suivant :

La combustion d'une substance organique en présence d'oxyde de cuivre est complète même en l'absence d'oxygène libre, à la condition d'opérer dans le vide à une température de 800° ou 900°. On obtient ainsi CO^2, N^2 et H^2O. L'eau peut être intégralement condensée à $-80°$ sans qu'elle retienne la moindre trace d'acide carbonique. Ce dernier gaz et l'azote sont alors faciles à recueillir au moyen d'une trompe à mercure. Leur volume total est mesuré et le résidu après absorption par la soude est de l'azote. Quant à l'eau, sa tension de vapeur est suffisante à la température ordinaire pour qu'il soit facile de la faire passer sur de l'hydrure de calcium qui libère quantitativement l'hydrogène qui entre dans sa composition :

$$CaH^2 + 2H^2O = Ca(OH)^2 + 2H^2.$$

Le volume de cet hydrogène est facile à mesurer comme il vient d'être dit.

Cela a été réalisé en employant un tube en verre de silice fermé à une extrémité et mesurant 350^{mm} de long et 12^{mm} de diamètre intérieur. Le reste de l'appareil comprenait : une ampoule de condensation pour l'eau, un tube à hydrure de calcium limité par deux robinets et une trompe de Sprengel, tout cela en verre et réuni par soudure. Un tube latéral de jonction permettait de faire circuler CO^2 et N^2 sans traverser l'hydrure.

La marche de l'analyse est la suivante : la substance pesée est introduite dans le fond du tube de silice qui est ensuite rempli aux deux tiers avec de l'oxyde de cuivre calciné et avec un tampon de fil de cuivre très fin, puis relié par masticage dans une position verticale, au reste de l'appareil. Ce masticage pourrait évidemment être avantageusement remplacé par un rodage. Pendant que le vide est fait au $\frac{1}{100}$ de millimètre, la substance doit être refroidie de manière à rendre sa tension de vapeur pratiquement nulle. Le mélange réfrigérant (neige carbonique et acétone) sert ensuite à condenser l'eau dans l'ampoule. Le chauffage est réalisé au moyen d'un four électrique à résistance de 200^{mm} de longueur. On commence par le haut et l'on fait glisser peu à peu le four jusqu'à l'extrémité fermée du tube de silice. Les gaz ne tardent pas à se dégager, il faut environ 2 heures pour les

recueillir; après quoi on laisse l'ampoule contenant l'eau de combustion revenir à la température ambiante, on ferme le robinet du tube latéral et on ouvre ceux du tube à hydrure. Il faut compter au moins 3 heures pour que la réaction soit complète, et un temps double lorsque l'hydrure a servi longtemps et est recouverte de chaux. Mais cela ne nécessite aucune surveillance.

Les principaux avantages du procédé qui vient d'être décrit sont :

1° De ne nécessiter qu'une seule pesée et une seule combustion pour le dosage de trois éléments;

2° De permettre le dosage exact du carbone et de l'hydrogène sur 2 ou 3^{cg} de substance et même moins si l'on utilise des éprouvettes donnant le $\frac{1}{100}$ de centimètre cube. On est, dans ce cas, limité uniquement par la sensibilité de la balance.

Il est certain que beaucoup de petits perfectionnements pourront être apportés à la technique d'une méthode qui présente pour l'instant l'inconvénient de fournir des nombres un peu trop élevés en ce qui concerne l'azote. On trouve même de petites quantités de cet élément dans des corps qui n'en renferment pas, comme la naphtaline.

Du reste, voici quelques-uns des résultats obtenus :

		Pour 100.	
		Calculé.	Trouvé.
Naphtaline $C^{10}H^8$	C	93,75	93,7
	H	6,25	6,2
Urée CON^2H^4	C	20	20,4
	H	6,66	6,6
	N	46,7	47,7
Uréthane $C^3O^2H^7N$	C	40,42	40,39 et 40,58
	N	15,72	16,03 et 15,97
	H	7,86	7,78 et 7,80
Quinoléine C^9H^7N	C	83,72	83,5 et 83,6
	H	5,42	5,3 et 5,6
	N	10,85	11,4 et 11,6

CHIMIE. — *Sur l'hydratation des hydrocarbures.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Nous nous sommes proposé d'étudier les conditions dans lesquelles pouvait se produire l'hydratation des hydrocarbures, et, pour déceler la présence de l'eau dans ces corps, nous avons mesuré les variations de con-

ductibilité qu'elle détermine sur une paroi de verre refroidie, suivant le dispositif déjà décrit ([1]).

Afin d'empêcher l'intervention de l'humidité atmosphérique, l'extérieur des vases et leur partie interne, depuis le bord jusqu'au niveau que devait atteindre l'huile, ont été d'abord enduits de bakelite que l'on insolubilisait par chauffage à 150°. Puis les parois vernies ont été recouvertes d'une forte couche de vaseline épaisse. Après effleurissage de la face interne libre, les vases étaient desséchés pendant 24 heures à 25° dans le vide sur P^2O^5, puis remplis immédiatement avec l'huile à étudier. Les vases employés avaient été sélectionnés et possédaient une activité très voisine; de plus, le contrôle des essais était assuré en intervertissant les récipients ou en utilisant un seul d'entre eux pour comparer successivement plusieurs liquides. Le point de rosée de l'atmosphère était surveillé à l'hygromètre Alluard pour éviter toute condensation sur les parois refroidies. Les huiles étudiées étaient desséchées à 75° dans le vide et conservées sur P^2O^5.

On sait que l'extension sur l'eau des hydrocarbures est liée à la présence dans la molécule de doubles liaisons, celles-ci possédant une affinité marquée pour l'eau. Nous avons donc comparé d'une part des huiles complètement saturées, telles que des huiles de vaseline, et d'autre part des hydrocarbures américains contenant des molécules non saturées (885 Pale, etc.).

Nous avons constaté que ces deux types d'huile s'hydrataient très facilement : il leur suffit, par exemple, de traverser goutte à goutte à 20° l'atmosphère saturée d'humidité d'une cloche, chaque goutte mettant 10 secondes à suivre dans sa chute un fil de cuivre enroulé en hélice.

Si l'on remplit avec des huiles ainsi traitées les vases d'essai, on voit aussitôt après, et sans même les refroidir, qu'il suffit de 32000 volts environ pour faire éclater la décharge, tandis que 67000 volts environ étaient nécessaires au passage de l'étincelle lorsque les hydrocarbures étaient bien secs. Cette chute de tension, correspondant à une hydratation notable des parois de verre, montre que les huiles, saturées ou non, ont absorbé de l'eau pendant leur exposition à l'air humide. Nous avons alors ajouté aux huiles retirées de la cloche un certain volume de ces mêmes huiles desséchées, cette dilution fournissant ainsi des liquides également appauvris en eau. Dans ce cas, il a suffi, après refroidissement à 13°, d'une moindre tension pour produire la décharge au travers des vases contenant les huiles saturées :

([1]) Paul Woog, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1797.

Huiles saturées.	Huiles non saturées.
32,900 volts	62,980 volts
32,900 »	57,340 »

Cet écart très net s'est maintenu en opérant sur diverses huiles d'abord séchées, puis auxquelles on avait incorporé, par agitation violente et contact prolongé, de faibles et égales quantités d'eau. Amenées à contenir moins de $\frac{1}{60000}$ d'eau, ces huiles ont donné des tensions de l'ordre suivant, après avoir été refroidies à 13°,5 :

	Huiles saturées (en volts).		Huiles non saturées (en volts).	
Huiles sèches........	66,740	65,800	67,680	66,740
Huiles humidifiées...	46,530	36,660	62,980	64,860

D'une manière générale, nous avons constaté cette différence entre hydrocarbures saturés ou non chaque fois que ces produits étaient soumis aux mêmes conditions d'hydratation. Ce fait, en apparence, contraire aux phénomènes d'extension sur l'eau, nous semble néanmoins cadrer avec eux. Il ne faut pas, en effet, considérer l'hydratation plus marquée des parois de verre, dans le cas des huiles saturées comme résultant d'une plus forte quantité d'eau contenue dans ces hydrocarbures; il semblerait, au contraire, que, toutes choses égales, les huiles non saturées s'hydrateraient davantage (¹). Mais ce qui différencie les deux types d'huile, est leur degré d'affinité pour l'eau, et, par conséquent, la solidité de l'adhérence de leurs molécules aux molécules d'eau. Tandis que cette eau trouve dans les doubles liaisons des molécules non saturées des points de fixation privilégiés, elle ne rencontre rien de pareil dans les molécules saturées. Sur ces dernières, le contact avec l'eau n'est assuré que par des régions où l'activité atomique est plus grande, cette polarité existant, comme l'a montré M. H. Devaux (²), même dans les corps non mouillés par l'eau dans les conditions habituelles. Dès lors, il est naturel que l'eau retenue sur les molécules saturées par ce faible champ de forces résiste moins bien à l'appel de la paroi du vase refroidi que l'eau fixée par les doubles liaisons : d'où hydratation plus facile du verre.

(¹) La rigidité diélectrique, déterminée entre sphères de 12^{mm},5 de diamètre, écartées de 5^{mm}, est environ de 44600 volts pour les huiles sèches; elle passe, dans nos huiles humidifiées, à 42300 volts pour les huiles saturées et à 35700 volts pour les huiles non saturées.

(²) H. Devaux, *Soc. Physique*, Bull. n° 181, 2 février 1923, p. 184 S.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un témoin de la Tyrrhénide dans la région ouest de Bougie.* Note (¹) de M. F. **Ehrmann**, transmise par M. Ch. Depéret.

Sur la rive gauche de la Soummam, au nord d'El Kseur, se dresse l'imposant massif du *Dj. Arbalou* (1317^m) qui domine toute la région ouest de Bougie. Le Dj. Arbalou, formé de calcaires liasiques, avec Trias normal à la base (²) se prolonge par une série de crêtes calcaires plus ou moins démantelées mais continues jusqu'au Gouraya de Bougie et au cap Carbon.

J'ai récemment reconnu, sur le flanc nord du Dj. Arbalou, la présence de couches violacées à *Aptychus* comparables à l'Oxfordien de la Kabylie des Babors (³), et qui se retrouvent probablement dans le synclinal de l'isthme du cap Carbon (Gouraya de Bougie). L'Oxfordien rouge est, dans la région ouest de Bougie, nettement transgressif; à l'Arbalou il est au contact du Lias supérieur; ailleurs, à Beni Amrane (Oued Amizour), il est discordant jusque sur le Trias.

Au N-N-O de cette chaîne liasique avec témoins jurassiques, on n'avait jusqu'ici reconnu que des formations crétacées et tertiaires.

Or, à 5^{km} au nord du Dj. Arbalou, et à 16^{km} O-N-O de Bougie, j'ai découvert à l'emplacement même du village kabyle de *Bou Hatem* un affleurement de roches anciennes, large d'environ 2^{km} sur 5^{km} de long, et de direction sensiblement O-E de Bou Hatem à Agueni Ouadjel (Sidi Touati).

On y trouve d'une part des granulites, schistes granulitisés, cipolins, phyllades, schistes X absolument comparables aux roches cristallophylliennes et précambriennes des massifs anciens du littoral algérien : les cipolins, en particulier, sont identiques à ceux de Fort-National et des environs d'Alger. Les schistes X présentent la plus grande analogie avec ceux de la Bouzareah, de la Grande Kabylie, etc.

J'ai, d'autre part, retrouvé ici des schistes argileux, schistes fissiles, schistes charbonneux; des calcaires, calcaires rubannés, calcschistes; des arkoses, grès, quartzites verdâtres, psammites, grauwackes, etc. à *fossiles*

(¹) Séance du 25 juin 1923.

(²) F. Ehrmann, *De la situation du Trias et de son rôle tectonique dans la Kabylie des Babors* (*B. S. G. F.*, t. 22, nº 1, 15 juin 1922).

(³) F. Ehrmann, *Sur la découverte du Jurassique moyen et supérieur dans la chaîne des Babors* (*C. R. S. G. F.*, 1920). — F. Ehrmann et J. Savornin, *Échelle stratigraphique de la Kabylie des Babors* (*Comptes rendus*, t. 172, 17 mai 1921).

indéterminables, mais qui offrent de grandes similitudes de faciès avec ceux des Beni Afeur (sud de Djidjelli) qui représentent une partie du Silurien et du Dévonien ([1]).

De plus, M. Brives m'a aimablement communiqué des échantillons du Dévonien (grès micacés, grauwackes à *Spirifer cultrijugatus*, calcaires, calcaires rubannés) provenant du Maroc occidental ([2]) qui présentent avec ceux de Bou-Hatem une remarquable ressemblance.

Les comparaisons et analogies de faciès me semblent suffisantes, malgré l'absence actuelle de fossiles déterminables, pour considérer l'affleurement de Bou-Hatem comme d'âge antépaléozoïque, et paléozoïque.

Ce lambeau non encore signalé de la Tyrrhénide est enveloppé et en partie recouvert par les formations transgressives du Crétacé et de l'Éocène qui l'isolent vers l'ouest du massif ancien de la Grande Kabylie, et qui, au sud, empêchent de constater comme pour le Djurdjura ([3]) l'accolement direct des chaînes calcaires contre le socle ancien.

La chaîne de l'Arbalou n'en apparaît pas moins dans la même situation par rapport au témoin ancien de Bou-Hatem, que la chaîne du Djurdjura par rapport au massif ancien Kabyle.

On peut en déduire que les chaînes calcaires du Djurdjura se prolongent vers Bougie par les Beni Zikki, l'Arbalou, le Gouraya jusqu'au promontoire du cap Carbon, circonscrivant vers l'est la Grande Kabylie et lui constituant une limite géographique aussi franche que celle du sud.

Les chaînes de la Kabylie des Babors ne constituent donc pas le prolongement direct du Djurdjura, mais s'affirment comme plus méridionales et nettement indépendantes.

([1]) F. Ehrmann, *Sur la découverte du Silurien à Graptolithes et du Dévonien à Tentaculites aux Beni Afeur (sud de Djidjelli, Algérie)* (*Comptes rendus*, t. 174, 26 juin 1922).

([2]) A. Brives, *Voyages au Maroc*, Alger, 1909.

([3]) E. Ficheur, Carte géologique de l'Algérie au $\frac{1}{50000}$. Feuilles de *Fort National* et de *Tazmalt*.

PALÉONTOLOGIE. — *Éléphants fossiles d'Angleterre : présence de l'*Elephas trogontherii *Pohlig à l'extrême base du forest bed de Cromer.* Note [1] de M. G. **Pontier**, transmise par M. Ch. Depéret.

En étudiant une série de dents d'Éléphants fossiles provenant de la couche forestière de Cromer et recueillies dans diverses localités de la côte du Norfolk, j'ai rencontré une molaire supérieure droite qui se rapporte à une mutation quaternaire ancienne de l'*Elephas trogontherii* Pohlig.

Assise très riche en Mammifères, le Cromer forest bed se développe le long des côtes anglaises sur une étendue de près de 60^{km}. Il commence, au Sud, à Kissingland et peut être suivi depuis cette localité jusqu'à Cromer.

Au point de vue chronologique, on le place tantôt à l'extrême fin du Pliocène, tantôt au début du Quaternaire (Sicilien). Cette dernière interprétation tend à devenir classique.

Constitué par des sables, des graviers, des argiles noires avec coquilles fluviatiles et lignites, le forest bed a une épaisseur assez faible, variable suivant les localités, ne dépassant pas quelques mètres. Les fossiles qui en sont extraits sont en général recouverts d'un dépôt ferrugineux, dont la coloration va du brun au vert très foncé. Les géologues anglais ont donné le non d' « Iron pan » à cette patine tout à fait caractéristique qui permet de différencier les pièces du forest bed des fossiles des Crags et de ceux du Laminated blue clay.

On a cité du forest bed : *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas antiquus* Falconer, et deux espèces du groupe des Mammouths : *Elephas trogontherii* Pohlig, *Elephas primigenius* Blumenbach.

En 1909, Pohlig a fait remarquer [2] qu'il existe :

1° Une forme ayant les caractères de l'*E. meridionalis*, mais avec formule laminaire voisine de celle d'*E. antiquus* (x — 16 à 18 — x). Dans une Note parue en 1908 dans les *Annales de la Société géologique du Nord*, j'avais précisé les caractères différentiels de cette mutation d'avec la forme type et depuis, MM. Depéret et Mayet en ont fait la mutation *cromerensis* du rameau d'*E. meridionalis* [3].

---

[1] Séance du 25 juin 1923.

[2] Pohlig, *Ueber* Elephas trogontherii *in England* (*Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellschaft*, 1909, p. 242).

[3] Ch. Depéret et L. Mayet, *Monographie des Eléphants pliocènes* (*Annales de l'Université de Lyon*, 225 pages in-8°, 47 figures dans le texte et 11 planches comprenant 72 figures, 1923).

2° Une seconde forme ayant une formule dentaire analogue ($x - 16$ à $20 - x$) et ayant des lames offrant une évidente similitude avec celles du Mammouth proprement dit (*E. primigenius*). C'est l'*E. trogontherii*, décrit en 1889 par Pohlig sur des pièces d'Allemagne.

Une mutation pliocène d'*E. trogontherii* a été signalée dans le Pliocène supérieur de l'Astésan par MM. Depéret et Mayet. Mais en Angleterre, on ne le connaît pas antérieurement au forest bed. Ultérieurement, il fut assez abondant ainsi qu'en témoignent nombre de molaires provenant de Cromer, Overstand, Mundesley, Corton, etc., conservées dans les Musées d'Angleterre. Telles les belles molaires de Corton, de la Collection Colman, rapportées à tort par Leith-Adams à l'*E. antiquus* var. A. De même la belle mandibule du Musée de Cambridge indiquée par le même auteur comme une mâchoire d'*E. meridionalis*, mais avec beaucoup de doute puisque à la fin de sa description il ajoute : « Sans les molaires, cette mandibule ne pourrait être distinguée de celle du Mammouth. » J'ajouterai que certaines molaires provenant de la région d'Overstrand (Collection Savin) et étiquetées *E. primigenius* sont de façon certaine des molaires d'*E. trogontherii*.

La molaire qui a suggéré la présente Note a été trouvée dans les débris éboulés de la falaise d'Overstrand. C'est une arrière-molaire supérieure droite ayant appartenu à un sujet âgé et offrant une surface totale d'abrasion. Elle est très lourde, très fossilisée, brune, ferrugineuse et présente de nombreux grains de quartz adhérents comme chez certains fossiles des Crags. Ces caractères de fossilisation signent son origine : extrême base du forest bed.

Seize lames usagées, plus le talon postérieur; le talon antérieur a été enlevé par l'usure et il manque environ deux lames, ce qui permet d'établir la formule : $x - 18 - x$. Longueur actuelle : 26^{cm}; compte tenu des parties disparues, la longueur totale a donc été de 33 à 35^{cm}. Largeur : $10^{cm},5$. D'où le rapport de longueur-largeur de 3,3 à 3,5, plus bas que celui d'*E. trogontherii* de type normal (3,5 à 4).

Fréquence laminaire sur 10^{cm} : 6.

Sur la table dentaire, les lames se présentent assez épaisses (14^{mm} max.) serrées, avec rubans d'émail légèrement festonnés; il n'existe pas de sinus loxodonte médian, mais en certains endroits, l'émail forme des dilatations assez prononcées, irrégulièrement distribuées, situées plus ou moins loin de la ligne médiane. L'émail est plus épais que dans la forme type et surtout que dans la forme évoluée de l'étage tyrrhénien. Quelques digitations irrégulières au talon postérieur. Le cément est très développé et il masque les lames latéralement. Racines très fortes et bien conservées.

La hauteur de la dent, prise à sa partie moyenne = 14^{cm}, chiffre faible pour *E. trogontherii*, mais il faut tenir compte de ce qu'il s'agit d'une molaire très usée, car une fois la dent entièrement en fonction, l'abrasion exerce son action sur la hauteur de la couronne.

Ce qui donne un grand intérêt à cette dent d'Overstrand, c'est qu'en dehors de ses conditions de gisement et de fossilisation qui la datent du plus ancien niveau du Cromer forest bed, elle offre un type tout à fait primitif d'*Elephas trogontherii*, à rapprocher d'*E. trogontherii* du Villafranchien de l'Astésan.

Cette mutation ancienne de ce grand Mammouth à peau nue que devrait être *E. trogontherii* n'est pas encore connue dans le Quaternaire ancien de France et d'Allemagne où le rameau n'a été rencontré que dans des gisements (terrasse de 30^{m}) formés postérieurement à la grande glaciation mindélienne. Aussi m'a-t-il paru utile de confirmer la présence d'*Elephas trogontherii* Pohlig en Angleterre, au moment où commençaient à se déposer les plus vieux sédiments de la couche forestière de Cromer.

CYTOLOGIE. — *Remarques sur l'état de l'huile à l'intérieur des graines oléagineuses.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'état sous lequel se présente la réserve d'huile dans les graines oléagineuses est encore peu connu, malgré les nombreux travaux publiés à ce sujet.

On admet cependant assez communément que l'huile forme une émulsion à l'intérieur du cytoplasme, mais cette opinion a été contestée tout récemment par MM. Mangenot et Policard qui ont proposé une nouvelle explication [1].

Il s'agit des cellules d'albumen chez le Ricin, où les auteurs, employant une méthode nouvelle, croient avoir reconnu que l'huile, loin de former des gouttelettes séparées, constitue dans chaque cellule une grosse masse indivise et que, d'autre part, au lieu de se trouver à l'état d'émulsion au sein du cytoplasme, ce serait ce dernier qui serait émulsionné à l'intérieur de l'huile. De la sorte, cytoplasme et huile se trouveraient intimement mélangés, au moins dans la graine mûre.

---

[1] A. Policard et G. Mangenot, *Recherches cytologiques sur l'état de l'huile dans les graines oléagineuses* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1841).

J'ai eu l'occasion, au cours de recherches sur l'aleurone chez le Ricin et les Conifères, d'examiner des tissus frais appartenant soit aux graines, soit aux plantules et je me suis rendu compte très nettement de la disposition que présentent les inclusions d'huile à l'intérieur des cellules ; ma description s'appuie sur des observations minutieuses des cellules vivantes, contrôlées par d'excellentes fixations ([1]).

Il est parfaitement possible, bien que l'on ait prétendu le contraire, d'observer des cellules vivantes d'albumen dans la graine mûre du Ricin : il suffit pour cela de prendre certaines précautions pour éviter l'arrivée brusque de l'eau au contact des éléments cellulaires. On peut même réaliser de bonnes colorations vitales des grains d'aleurone qui se détachent alors au milieu des autres inclusions cellulaires.

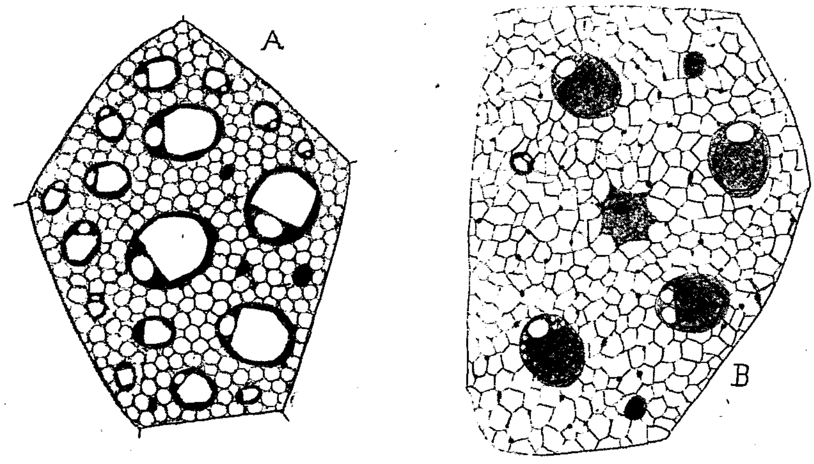


Fig. A. — Cellule de la couche interne de l'albumen dans une graine de Ricin ayant deux jours de germination (coloration vitale de l'aleurone et sphérules d'huile incolores). Gr. : 1200.

Fig. B. — Cellule de la masse de l'albumen mûr (méthode de Regaud, l'huile est dissoute; le réseau cytoplasmique, extrêmement ténu, est faiblement coloré et contient des plastes). Gr. : 1200.

Une cellule d'albumen chez le Ricin, observée de cette façon, montre son huile, non pas en l'état d'une masse unique, mais sous forme de sphérules de faible taille et de grosseur quelque peu inégale : les gouttelettes huileuses, de même que les corpuscules aleuriques, constituent bien réellement des inclusions du cytoplasme, elles ne sont jamais en effet exactement juxtaposées, elles demeurent entourées par une couche de protoplasme

([1]) Pierre Dangeard, *Recherches de biologie cellulaire* (*Le Botaniste*, 15e série, 1923).

extrêmement mince et sont par conséquent distinctes les unes des autres.

Le noyau est visible dans certains cas, malgré l'abondance des inclusions et on lui reconnaît une forme étoilée qui est due à la pression des éléments qui l'entourent : il est relié au cytoplasme par de nombreux filaments, tel le noyau des Spirogyres suspendu par de multiples haubans au centre de la cellule.

La disposition précédente se retrouve sur une coupe d'albumen fixé au moyen de la méthode de Regaud; dans ces conditions l'huile a disparu, dissoute au cours du montage des préparations, tandis que l'aleurone se montre fortement coloré par l'hématoxyline ferrique. Quant au cytoplasme, à un premier examen, il apparaît presque négligeable sur les coupes, tellement sa quantité est faible : sa structure est celle d'un réseau très fin dont les filaments se relient au noyau et s'appuient sur la membrane.

L'ensemble, vu en coupe, peut être assez exactement comparé à une toile d'araignée, mais forme en réalité un système alvéolaire, dont chaque alvéole entoure un globule d'huile ou un grain d'aleurone.

Le réseau cytoplasmique est coloré en gris, mais on observe de place en place à son intérieur des granules ou de courts bâtonnets qui retiennent fortement l'hématoxyline : ce sont les plastes qui n'ont pas, à ce moment, semble-t-il, de fonction élaboratrice.

La structure que je viens de décrire ne correspond nullement à celle d'un cytoplasme émulsionné dans une grosse goutte d'huile unique : autrement, ce cytoplasme formerait des inclusions plus ou moins sphériques à l'intérieur de l'huile, ce qui n'est nullement le cas.

En résumé, dans les cellules d'une graine mûre de Ricin, on trouve un cytoplasme dont les alvéoles contiennent un noyau plus ou moins central, des grains d'aleurone qui représentent le système vacuolaire et un très grand nombre de globules d'huile distincts qui constituent la réserve oléagineuse de ces graines : on peut donc conserver, en ce qui concerne l'huile, la notion classique d'une très fine émulsion cytoplasmique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la mosaïque des sexes chez un hybride d'Oseilles sauvages* (Rumex Acetosa *L.* × R. scutatus *L.*) Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Trois pieds femelles de *Rumex Acetosa* L. du Laboratoire de Bellevue (Seine-et-Oise), isolés le 12 mai 1922, furent pollinisés le 3 juin avec des

hampes d'une même plante polygame *R. scutatus*, récoltées la veille sur un mur à Thuin (Belgique); l'une fut stérile, les deux autres donnèrent 5 (lot I) et 14 (lot II) akènes de taille normale. Sur plus de 1000 fleurs abondamment pollinisées de *R. Acetosa*, 19 seulement furent fécondées par *R. scutatus;* le lot I donna 4 graines lourdes et 1 jaunâtre vide; le lot II, 6 graines pleines et 8 vides; mises à germer le 16 juillet, j'obtins, de I, 3 plantes, de II, 4 plantes; au total, 7 hybrides *R. Acetosa* × *R. scutatus*, signalés, je crois, pour la première fois.

Caractères végétatifs. — Les hybrides ont le port et les caractères de *R. Acetosa*. Très vigoureux, ils ont donné, en mai 1923, de nombreuses hampes dressées, de 60^{cm} à 120^{cm}, à feuilles vert clair passant, avec la maturation, au rouge vif; les ramifications sont abondantes, longues et sinueuses, arquées, rappelant un peu *scutatus;* les axes, plus charnus que ceux *d'Acetosa*, finissent par se rider comme eux, mais avec un retard d'au moins trois semaines; le 30 juin, ils portent encore tous des fleurs et des boutons, alors que les *R. Acetosa* de Bellevue ne présentent plus que des fruits mûrs.

Les feuilles des jeunes rosettes et celles des souches adultes sont du type *Acetosa*, avec exagération de la longueur des pétioles qui atteignent 18^{cm}; les limbes, épais, sont longs de 12 à 15^{cm}, larges de 3 à 4, avec nervures secondaires échelonnées jusqu'à la pointe; les lobes inférieurs convergent et se recouvrent, comme un bec croisé, au-dessus des pétioles, accentuant le caractère propre à *Acetosa*, par opposition aux lobes divergents de *scutatus*. Mais on se rend facilement compte que cette particularité n'est pas un caractère nouveau et tient à la vigueur végétative propre aux hybrides interspécifiques; la masse de bourgeons à demi développés sur la souche et à la base des hampes est caractéristique de cet état de pléthore. Les ochréas sont longues, engainantes, déchiquetées par épaississement tardif des tiges; les feuilles caulinaires sont sessiles, exceptionnellement longues et étroites, bien développées jusqu'à mi-hauteur des hampes; à leur base, les bourgeons feuillés coexistent avec des rameaux fleuris développés tardivement. L'excès de vigueur des hybrides est encore démontré par la tendance à la fascie d'une des hampes qui porte, sur quelques nœuds, deux feuilles soudées, comme si la nervure principale de la feuille, d'abord unique, s'était bifurquée prématurément.

Caractères des grappes. — Le lot I comprend 2 plantes femelles et 1 plante mâle-hermaphrodite; le lot II 3 femelles et 1 mâle-hermaphrodite. A la fin de juin, les plantes mâles sont presque dépouillées de leurs fleurs et les femelles se remarquent de loin par l'abondance des glomérules axillaires de fleurs serrées à pétales accrescents, dont l'ensemble est plus compact que celui des *Acetosa*. Chez les plantes femelles, la longueur d'axe couverte par dix étages inférieurs des hybrides est, en moyenne, 7 à 8^{cm} (D = 15), *d'Acetosa*, 10 à 12^{cm} (D = 9), de *scutatus*, 15 à 20^{cm} (D = 7); les hybrides fournissent jusqu'à 7 fleurs par étage, *Acetosa* 4 à 5, *scutatus* 3 à 4. Mais, avec la maturation, les étages des hybrides se dégarnissent rapidement; la majeure partie des fleurs, non fécondées, se détachent à l'articulation, bien que les pétales aient pris un accroissement comparable à celui des fleurs fécondées et que les sépales soient renversés sur les pédoncules.

Les grappes hybrides mâles se dégarnissent beaucoup plus tôt; les groupes de fleurs sont plus rapprochés que sur les plantes femelles (D = 17 et 20) et les fleurs par groupes plus nombreuses (10 à 12); mais la plupart sont prématurément caduques. Il en reste cependant quelques-unes, persistantes ou assez durables, surtout sur les verticilles médians des rameaux; *l'examen à la loupe montre que ce sont des fleurs hermaphrodites* et plusieurs donnent de bonnes graines; *la distribution* sur les axes des fleurs hermaphrodites fertiles *rappelle les mosaïques sexuelles* constatées sur les hybrides à sexualité intermédiaire d'*Hordeum tetrastichum* et *H. distichum* (¹).

Fleurs et fruits. — Les fleurs femelles des hybrides sont construites sur le type des fleurs d'*Acetosa*, sans traces apparentes de staminodes; les fruits, c'est-à-dire l'ensemble des trois pétales accescents et des trois sépales renversés, avec léger glomérule basilaire, ressemblent à ceux d'*Acetosa*, mais sont pour la plupart vides; 20 pour 100 renferment des akènes réduits à la membrane gonflée, jaune terne ou brune de l'ovaire. Sur 1000 fleurs environ de chaque hybride femelle j'ai récolté : (lot I) 12 et 3 akènes pleins et lourds; (lot II) 27, 4 et 0. *Les femelles hybrides ont une fécondité très réduite.* Les bonnes graines sont trigones, très courtes ($1^{mm},5$ sur $1^{mm},2$) d'un noir brillant, du type *Acetosa*.

Les plantes mâles-hermaphrodites fournissent de nombreux grains de pollen avortés (plus de 70 pour 100) et de tailles très variables; les fleurs mâles comme les fleurs hermaphrodites sont construites sur le même type et, à maturité, les six pièces des périanthes sont étalées en étoile; les mâles avec six étamines sans trace d'ovaire, les hermaphrodites avec six étamines entourant un ovaire trigone à stigmates renversés en houppes. Lorsque les ovaires de ces fleurs sont fécondés, ils s'allongent, prennent la forme de fuseaux pointus atteignant $2^{mm},5$ de long sur 1^{mm} dans leur plus grande largeur; exceptionnellement ils renferment des embryons et *je n'ai pu récolter* en tout *que cinq akènes mûrs différant totalement des akènes femelles.*

En résumé, le pollen de *Rumex scutatus* féconde exceptionnellement les ovaires de *R. Acetosa* femelles isolés; dix bonnes graines ont donné 7 hybrides, très vigoureux, du type *Acetosa*; c'est un exemple très net d'*hérédité unilatérale maternelle.*

Comme chez *Rumex Acetosa*, à Bellevue et aussi dans les expériences de A. Sprecher (1913), *la proportion des hybrides femelles l'emporte sur celle des mâles;* les uns et les autres présentent une fécondité très réduite; les graines sont brunes, trigones, courtes comme celles d'*Acetosa.*

Les individus mâles portent, sur les verticilles moyens des ramifications, *un petit nombre de fleurs hermaphrodites*, semi-persistantes, dont quelques-unes fournissent de bonnes graines en fuseau, longues et étroites. *La répartition en mosaïque des fleurs hermaphrodites paraît liée à la pléthore localisée* dans la portion moyenne des axes.

(¹) L. Blaringhem, *Sur l'hérédité en mosaïque* (*Congrès intern. Génétique*, Paris, 1911, p. 54).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Expériences sur les états d'adaptation régionale et relative de la rétine. Applications à la peinture.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. J. Breton.

L'adaptation complète et uniforme de la rétine est une expérience de laboratoire. Par contre, à chacun des instants de la vie ordinaire, les diverses régions de la rétine sont dans des états d'adaptation différents, dépendant de l'intensité, de la couleur et de la durée des images qui s'y sont formées dans les instants précédents. L'adaptation, fonction du temps, commence en effet par croître très vite; il suffit d'une ou deux secondes pour qu'une image sombre détermine une adaptation locale et relative.

Ces notions se présentent comme une conséquence logique de nos connaissances sur la sensation lumineuse en fonction du temps, et notamment des travaux numériques de Broca et Sulzer. Au cours de travaux antérieurs ([1]), où je reprenais, en lumières monochromatiques, les expériences que ces auteurs avait faites en lumière blanche et avec des filtres à radiations, mon attention fut attirée sur les applications possibles de ces phénomènes au domaine de la peinture.

Je signalerai d'abord un certain nombre d'expériences et d'observations nouvelles, propres à démontrer l'adaptation locale et relative des régions de la rétine, et qui sont à la base des applications.

J'interpose, entre l'un de mes yeux et le ciel, la main aux doigts ouverts, tout en immobilisant l'œil le mieux possible. Si je viens à enlever la main au bout de quelques secondes, les parties du ciel sur lesquelles elle se projetait paraissent plus claires, et le restent pendant plus d'une demi-seconde. Cette image de la main est un cas particulier des images accidentelles par fatigue rétinienne; mais ici, contrairement au cas ordinaire, c'est le fond qui correspond à la rétine fatiguée, et l'image de l'objet à la rétine fraîche.

Lorsque, le poignet restant immobile, on fait osciller la main d'un mouvement peu rapide, sa projection balaie le ciel dans une certaine étendue. Or cette étendue reste plus claire que les voisines, parce que la région rétinienne correspondante ne reçoit qu'une excitation intermittente, moins désadaptatrice qu'une excitation continue, et conserve une sensibilité supérieure à celle des régions voisines.

([1]) Émile Haas, *Nouvelles expériences sur le phénomène de Broca et Sulzer (ondulation de fatigue)*. (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 188).

Lorsqu'un objet sombre se trouve sur un fond clair, ou inversement, les parties claires sont bordées d'un liséré encore plus clair, et dont la largeur est en relation avec les petits mouvements involontaires de l'œil. Le fait est particulièrement sensible lorsqu'on fait usage d'une plaque enduite de magnésie, encadrée rectangulairement de papier noir. Si l'on est suffisamment exercé pour tenir l'œil rigoureusement immobile, la plage de magnésie est uniformément blanche. Dès qu'avec la fatigue musculaire apparaissent les petits mouvements de l'œil, les bords s'éclairent davantage, le centre paraît gris.

La fixation rigoureuse n'est en effet pas une attitude naturelle, et l'œil exécute, à l'état normal, de petits mouvements continuels.

Les lisérés clairs que je viens de décrire, et qui passent inaperçus à la plupart des personnes non prévenues, ont dû être remarqués par les peintres, qui sont des observateurs professionnels. En effet, on les trouvera chez nombre d'entre eux, matériellement réalisés de diverses façons. Notamment le Gréco semble en avoir fait un emploi systématique. On trouve aussi ces lisérés assez souvent chez Rembrandt, autant que j'aie pu m'en assurer par des reproductions. Il est très fréquent chez les peintres modernes.

Le liséré clair semble un phénomène différent des phénomènes de contraste, qui se manifestent sur une étendue plus grande, et dont les bords ne sont pas définis; mais une analyse plus attentive révèle des parentés entre ces deux ordres de faits, tout au moins au point de vue des peintres.

Lorsque l'objet est immobile, les successions de sombre et de clair ne se produisent que sur d'étroites régions rétiniennes, car le tremblement de l'œil manque d'amplitude. Mais lorsque l'objet se déplace sur le fond, les taches sombres balaient la rétine sur des étendues beaucoup plus grandes, et assez lentement pour déterminer une adaptation relative. On vérifie ce fait à l'aide de la plage de magnésie encadrée de noir. Il faut donner à l'œil un mouvement unique de grande amplitude : la partie de la plage à l'encontre de laquelle vient le mouvement de l'œil paraît plus éclairée, et ceci sur une étendue supérieure à celle du liséré décrit précédemment.

Une figure qui avance sur un fond sombre paraît donc plus claire du côté où se fait le mouvement. Les différences de clarté vont en se fondant, parce que le mouvement est supposé continu. Les peintres peuvent directement matérialiser ces apparences. Ils peuvent encore les accentuer en utilisant le contraste; il suffira d'assombrir le fond du côté du mouvement, de l'éclaircir du côté opposé.

Il se trouve que la reproduction du contraste ordinaire dans le cas de sujets au repos conduit à la même pratique. On assombrit le fond du côté du profil cutané, on l'éclaircit du côté de la chevelure.

Cette pratique fait sortir le sujet du fond, parce qu'elle suggère le mouvement par équivoque. Rembrandt en fait un usage constant dans les sujets au repos, et tous les maîtres de la peinture en avaient senti la puissance expressive.

EMBRYOGÉNIE. — *Du rôle de l'allure de développement dans l'interfécondité.* Note (1) de M. **Émile Devaux**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Si nous faisons couver, par une même couveuse, des œufs d'un poids égal, les uns de faisane, les autres de poule, nous constatons que l'incubation dure 25 jours pour les premiers, 21 jours pour les seconds. Bien que les germes se trouvent dans les mêmes conditions nutritives (ils sont en présence d'aliments sensiblement identiques comme qualité et comme quantité); bien qu'ils soient soumis exactement à la même température, ils ne se développent pas à la même allure : l'éclosion des œufs de poule est beaucoup plus précoce que celle des œufs de faisane. En ces deux cas l'allure du développement est indépendante des conditions de milieu, il faut la considérer comme un caractère essentiellement héréditaire qui appartient en propre à chaque espèce.

La même remarque peut être faite si nous faisons couver ensemble des œufs de cane d'Inde et des œufs de cane ordinaire; la durée de l'incubation est différente : il faut 35 jours d'incubation pour que les œufs de cane d'Inde éclosent, il n'en faut que 28 pour ceux de notre cane indigène. Dans ce deuxième exemple, comme dans le précédent, l'allure du développement apparaît comme un caractère distinctif séparant nettement les deux espèces voisines.

Remarquons qu'il nous est impossible de modifier l'allure du développement au point d'interchanger l'allure des deux espèces similaires. Que nous élevions, autant que possible, la température d'incubation nous n'arriverons jamais à faire éclore un œuf de faisane en 31 jours; que nous abaissions, autant que possible, la température d'incubation, nous n'arriverons jamais à faire éclore un œuf de poule au bout de 25 jours. Il nous est impossible également de faire éclore des œufs de cane indigène en 35 jours ou

(1) Séance du 25 juin 1923.

des œufs de cane d'Inde en 28 jours. Cela nous apprend combien est forte l'influence héréditaire qui règle l'allure du développement dans chacune de ces espèces. Quand donc nous croisons des individus de ces espèces différentes, chaque produit hybride qui se forme est soumis à deux influences contraires : il est invité impérieusement d'une part à se développer vite, il est invité non moins impérieusement d'autre part à se développer lentement. Il est bien évident qu'un tel conflit entre des processus héréditaires également tous puissants ne peut être que nuisible au développement. Et de fait les coquarts, les hybrides nés du croisement de l'espèce faisan avec l'espèce poule sont stériles ; il en est de même des mulards, des hybrides issus du croisement du canard d'Inde avec notre cane. L'infécondité de ces animaux est due à un défaut d'achèvement des organes de la génération ; l'âge adulte, c'est-à-dire le moment où tous les organes reçoivent l'ordre de s'arrêter en leur développement survient prématurément, avant que les organes de la reproduction, les plus tardifs précisément à se développer, aient eu le temps d'achever leur évolution.

D'autres exemples fournis par des espèces bien connues nous révèlent qu'il ne s'agit point là de faits exceptionnels, bien au contraire ; l'inégalité des vitesses de développement de deux espèces voisines d'animaux à sang chaud est de règle ; elle n'est pas faible au point qu'il faille la rechercher attentivement pour s'en rendre compte, elle est considérable, au contraire, et, comme elle coexiste toujours avec des anomalies de l'interfécondité, c'est à elle qu'il faut attribuer l'infécondité absolue ou relative des hybrides nés de deux espèces différentes.

Le canari est apte à entrer en pariage dès sa première année d'âge, le chardonneret ne l'est qu'au cours de sa deuxième année. Or, les hybrides issus du croisement canari-chardonneret sont stériles.

Le lapin a complètement achevé son développement avant l'âge d'un an ; le lièvre n'est pas adulte avant 15 mois : or, il est presque impossible d'obtenir des produits hybrides en croisant ces deux espèces.

Le chien est adulte peu après l'âge d'un an ; le loup n'achève son développement qu'entre 2 ans et demi et 3 ans. Or, c'est avec les plus grandes difficultés qu'on a pu obtenir des hybrides de chien et de louve.

L'âne est complètement adulte à 3 ans, le cheval n'a achevé tout son développement qu'entre 4 ans et demi et 5 ans. Or, le mulet issu du croisement de ces deux espèces est toujours stérile.

Le bouc est complètement adulte à 18 mois, le bélier n'aura achevé tout son développement qu'à l'âge de 3 ans. Or, c'est avec des difficultés extrêmes qu'on a obtenu des hybrides de ces deux espèces.

Dans tous ces cas l'interchangement des allures de développement est impossible; chaque espèce transmet impérieusement à ses produits l'allure de développement qui lui est propre. Il nous est impossible en particulier d'obtenir qu'un chien grandisse encore à 2 ans et demi, comme un loup; ou qu'un âne grandisse encore à 4 ans et demi comme un cheval. Toutes proportions gardées, le fait serait aussi étonnant que si nous pouvions obtenir qu'un homme grandisse encore à 30 ans, à 40 ans et au delà.

Ces faits nous avertissent que si deux espèces ne se croisent pas, ou si elles se croisent mal, c'est parce qu'il existe un trop grand écart entre les allures de développement transmises par les reproducteurs; il s'agit là d'une loi que l'observation d'espèces à sang chaud met facilement en évidence, car ces espèces ne sont pas soumises, comme les autres, à l'influence accélérante ou retardante du milieu. Mais cette loi n'en est pas moins des plus générales, elle s'applique en réalité à toutes les espèces animales à sang froid et également à toutes les espèces végétales; elle nous permet d'interpréter une foule de faits tels que l'infécondité absolue ou relative des hybrides d'espèces différentes, le retour au type, la variation désordonnée, etc.

A cette preuve d'ailleurs nous pouvons donner une contre-épreuve : toutes les races de chien, si disparates qu'elles soient, si divergentes qu'elles puissent être au point de vue anatomique, ont la même allure de développement; king-charles et saint-Bernard, bassets et danois, lévriers et bouledogues, deviennent adultes au même âge; il ne faut pas plus de temps pour acquérir toute sa taille à un chien colosse qu'il n'en faut à un chien pygmée pour acquérir la sienne; la durée de la gestation est la même à quelques jours près (59 jours au moins, 63 au plus) qu'il s'agisse d'une chienne naine ou d'une chienne géante. Si donc toutes les races de chien sont constamment et indéfiniment interfécondes, c'est à l'égalité remarquable des allures de leur développement qu'il faut l'attribuer ou à la grande facilité avec laquelle ces allures peuvent se mettre d'accord.

ZOOLOGIE. — *Les modalités du gynandromorphisme chez les Gallinacés.* Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En novembre 1922, nous recevions de M. J. Delacour, une poule anormale de race Leghorn blanc, âgée de 8 mois. Après avoir acquis à la

puberté et conservé pendant quelques semaines tous les caractères de son sexe, cet animal s'était soudainement transformé, par juxtaposition d'attributs masculins, réalisant un exemple remarquable de gynandromorphisme.

Signalement. — Taille normale, plumage de poule, c'est-à-dire cou et région dorso-lombaire recouverts de plumes courtes et arrondies. Pas de faucilles véritables, mais simplement au-dessus des rectrices, plumes légèrement incurvées. Sur les tarses : ergots courts (4^{mm}), correspondant à 2 mois de poussée.

Par contre, tête présentant tous les caractères du coq adulte Leghorn blanc : crête très développée ($130^{mm} \times 80^{mm}$), épaisse, turgescente, érigée verticalement et non tombante, barbillons très longs, joues étendues, tous écarlates par abondance de circulation sous-cutanée. Maintien et attitudes du coq; d'ailleurs, instincts du mâle, c'est-à-dire ardeur sexuelle, humeur belliqueuse vis-à-vis des rivaux, chant.

Autopsie. — L'autopsie, faite le 18 décembre 1922, nous apprend que le sujet possède, au lieu de l'ovaire unique, deux glandes reproductrices, l'une occupant la place normale, à gauche, la seconde, la position symétrique. A proximité de la première se termine un oviducte rectiligne, mince, nettement infantile. L'autre glande ne possède aucun conduit sexuel apparent.

Glande reproductrice gauche. — Organe grisâtre, aplati contre la paroi dorsale, inséré par une large surface, comme l'ovaire, contre la veine cave inférieure, multilobé, large vers l'avant, aminci vers l'arrière, flanqué par-dessous, d'un nodule arrondi. Aspect uniforme, ne rappelant en rien celui de la « grappe » d'œufs en formation. Poids total : $0^{g},5$. Au microscope, nous constatons deux régions concentriques. A l'intérieur, il existe une masse uniforme de canaux séminifères assez étroits renfermant seulement une assise de spermatogonies très serrées l'une contre l'autre, canaux limités par un conjonctif assez épais et séparés par un tissu interstitiel abondant. La zone périphérique comporte un stroma d'aspect ovarien, au bord duquel existent des traînées de cellules : grosses cellules comparables à celles qui forment les cordons de Pflüger et cellules folliculeuses plus petites, mais sans follicule ovarien normal. Un épithélium aplati, comparable à l'épithélium germinatif, entoure l'organe qui ne présente aucune trace d'albuginée. La glande peut être interprétée comme un ovaire infantile, envahi progressivement du centre à la périphérie par une prolifération des cordons sexuels embryonnaires; au lieu de dégénérer, comme d'habitude, ceux-ci se sont développés en évoluant dans le sens masculin. Nous ignorons la cause de cette anomalie.

Glande reproductrice droite. — Organe blanchâtre, dur, ayant la forme d'un petit haricot. Poids $0^{g},4$. Il est entouré par une albuginée normale et formé par des canaux séminifères également tapissés, à leur intérieur, de spermatogonies très serrées; dans la lumière du canal, il existe des éléments dégénérescents. Tissu interstitiel abondant, comprenant, comme d'habitude, des éléments conjonctifs à noyau très allongé et

aminci et des éléments interstitiels vrais, peu osmiophiles d'ailleurs. Les récentes expériences de Zawadowski nous conduisent à attribuer au fléchissement de l'ovaire le développement insolite du testicule droit.

Interprétation. — 1° La double poussée testiculaire, probablement tardive, a assuré chez notre sujet l'apparition des caractères vraiment mâles : croissance exagérée des organes vasculaires, comportement, chant; 2° la fonction endocrine de l'ovaire, lors de la puberté (vers 3 ou 4 mois), a bloqué le plumage mâle et laissé subsister le plumage de la poule; 3° la poussée des ergots à partir de 6 mois a marqué la fin de l'action ovarienne. En la circonstance, il n'est nullement paradoxal de trouver réunis et le plumage femelle conditionné par l'ovaire et l'ergot qui est la négation même de cette action : le plumage acquis lors d'une mue persiste jusqu'à la mue suivante, même si la condition hormonique active est, durant ce temps, supprimée ou inversée (ce que l'un de nous a désigné récemment (¹) sous le nom de « dysharmonie endocrinienne »).

Conclusion. — Ce cas intéressant, joint aux exemples similaires décrits depuis quelque temps, tant en France qu'à l'étranger, nous conduit à classer, d'après la cause, les différentes modalités du gynandromorphisme chez les Oiseaux de race pure.

a. Type asexué. — Il est toujours réalisé passagèrement au moment de la mue de puberté chez les mâles, dans les espèces à dimorphisme sexuel très prononcé, (ex. Thaumalés, Phasianidés, etc.), le plumage pubéral mâle réellement neutre) n'apparaissant que par échelons, se trouve pendant quelque temps mélangé au plumage infantile (semblable à celui de la femelle).

b. Type unisexué. — On l'observe chez certaines femelles d'oiseaux où il est provoqué par une atrophie incomplète de l'ovaire, entraînant une neutralisation partielle. Il relève de la question des « seuils différentiels » du soma.

c. Type bisexué. — Nous rangeons dans cette catégorie les exemples qui présentent le signe d'une influence hormonique double (étudiés par Shattock et Seligmann; A. Pézard, Knud Sand et Caridroit; Hartmann et Hamilton; Zawadowsky, etc.). La poule décrite ici rentre dans cette catégorie et nous fournit un argument de plus en faveur du non-antagonisme des hormones génitales (Knud Sand) et de la double potentialité du soma.

(¹) A. Pézard, *La loi du tout ou rien et le gynandromorphisme chez les Oiseaux*, 2ᵉ Mémoire (*Journ. de Phys. et de Path. gén.*, 1922, p. 506-507).

Remarque. — Le gynandromorphisme biparti peut se produire ou être obtenu expérimentalement dans les trois catégories et les théories actuelles suffisent à l'expliquer. Postuler à son égard l'action du système nerveux nous semble en contradiction avec les faits; car, si ce système entrait en jeu, les poules ou les faisanes normales, qui possèdent à droite (où n'existe aucune glande) la condition neutre et à gauche la condition ovarienne, ne manqueraient pas d'avoir en correspondance, d'un côté le plumage neutre commun à la poule ovariectomisée, au chapon et au coq et de l'autre côté seulement le plumage femelle habituel.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Effets tardifs de la dilution du sperme sur le développement de l'œuf d'Oursin.* Note de Mme **Anna Drzewina** et de M. **Georges Bohn**, présentée par M. E. Bouvier.

Dans les expériences de fécondation des œufs d'Oursin par le sperme de la même espèce, l'importance des facteurs *masse* et *temps* se dégage avec une grande netteté. La dilution du sperme tend à le rendre inactif, et d'autre part, plus est long l'intervalle entre le moment où le sperme est dilué et celui où il est mis en contact avec les œufs, plus est grave l'atteinte portée à l'activité du sperme. Les courbes que l'on peut tracer de ce phénomène ont un aspect régulier, et accusent une chute d'autant plus rapide et brusque que la dilution est plus faible. Cependant, quand, à partir de certaines concentrations (environ, entre $\frac{1}{5000}$ et $\frac{1}{100000}$), on examine, comme nous l'avons fait, de plus près ce qui se passe dans la première heure après la dilution, et qu'on suit le sort des œufs fécondés dans cette période, on constate ceci : Le sperme aussitôt après la dilution est parfaitement actif, et féconde pratiquement 100 pour 100 des œufs, mais il tend à diminuer leur vitalité, de sorte que les larves issues de ces œufs ou bien se cytolysent, ou bien demeurent chétives. Au contraire, une culture faite avec du sperme une vingtaine de minutes après la dilution est vigoureuse et sans déchet. Autrement dit, à côté de la perte du pouvoir fécondant du sperme dans le temps, dont il vient d'être question, se manifeste, tout au début, un autre phénomène, dont la courbe se traduirait par une chute brusque d'abord, puis un redressement.

Déjà dans une Note que nous avons publiée en 1912, au sujet des « effets de l'inhibition des oxydations sur les spermatozoïdes et par leur intermédiaire sur le développement » [1], nous avons relevé un phénomène qui pourrait être rapproché de celui-ci : les spermatozoïdes traités au cyanure

---

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1639.

de potassium (afin d'en inhiber les oxydations) pendant plusieurs heures donnaient des développements meilleurs et plus nombreux que quand le traitement n'était que de 1 heure ou de 30 minutes. Dans le cas actuel, il ne s'agit pas d'un traitement à l'aide d'une substance nocive. Le sperme est tout simplement dilué dans de l'eau de mer, eau puisée au large et conservée pendant un an ou plus au laboratoire, dans des bonbonnes, — précaution que prennent souvent les biologistes quand ils veulent s'assurer un milieu constant pour leurs élevages. Il s'agit donc d'un « milieu naturel ». Mais, du fait de passer de la glande génitale d'Oursin dans de l'eau de mer, le sperme subit un changement, un écart de son équilibre primitif; il y revient après une oscillation, d'où chute de la courbe suivie de redressement. S'il était légitime d'emprunter ici un terme de psychologie animale, nous dirions que le sperme présente une « sensibilité différentielle ». Le « changement » même qu'on lui fait subir ne diminue pas, ou diminue peu son pouvoir fécondant, mais exalte en quelque sorte son pouvoir cytolysant (on sait que d'après Jacques Loeb le spermatozoïde introduit dans l'œuf deux substances, dont l'une amène une cytolyse périphérique d'où formation de la membrane, et dont l'autre neutralise les effets cytolysants de la première), ou du moins contagionne l'œuf et en amène la cytolyse tardive.

Voici, à titre d'exemple, une expérience parmi celles que nous avons effectuées à l'Institut Océanographique de Monaco, dans les mois de mars et avril.

(23 *avril*). Dans deux boîtes de Pétri contenant chacune 30^{cm^3} d'eau, on ajoute 1 goutte de sperme de *Strongylocentrotus lividus* venant d'être dilué au $\frac{1}{100}$ (ce qui porte la dilution au $\frac{1}{30000}$). La première reçoit les œufs aussitôt, la seconde après 20 minutes seulement. Dans les deux lots, le pourcentage des œufs fécondés est à peu près le même, environ 100 pour 100 (dans d'autres expériences, il est souvent plus faible dans le premier lot), mais les segmentations dans le premier lot ont moins bon aspect. Le lendemain, dans 1, les larves sont pour la plupart cytolysées, alors que dans 2 on a de belles blastulas nageantes (température 16°), et point de cytolyse.

Voici une autre expérience portant cette fois sur *Echinus microtuberculatus :*

(16 *avril*). Une dizaine de verres de montre contenant chacun 2^{cm^3} d'une même dilution de sperme au $\frac{1}{30000}$ reçoivent, le premier, les œufs immédiatement, et les autres de 10 minutes en 10 minutes. Le lendemain, dans 1, pas mal de déchets et de larves cytolysées, alors que dans 2 et surtout dans 3, de belles gastrulas et presque pas de déchets. Le surlendemain, le contraste est plus accusé encore : d'une part, nombreuses cytolyses et pluteus à bras rudimentaires; d'autre part, culture parfaite, pluteus à bras déjà longs. Quant aux lots suivants, on y relève le fléchissement habituel et progressif

du nombre d'œufs fécondés (voir plus haut), avec cependant, à un certain moment, une nouvelle oscillation, de moindre amplitude que la première, et qui n'est pas sans intérêt : nous y reviendrons ailleurs.

Nos expériences faites à Monaco sur *Str. lividus* et *Ech. microtuberculatus* nous ont donc montré que le sperme employé aussitôt après sa dilution donne des développements médiocres et des cytolyses, et que pour avoir une bonne culture il faut laisser s'écouler un laps de temps donné entre le moment de la dilution et la mise au contact des œufs. Mais il est bien entendu que cette règle n'est valable qu'entre certaines limites de dilution. En effet, si le sperme est très étendu, par exemple au $\frac{1}{500000}$ ou au delà (il y a toujours à tenir compte des variations individuelles de la sensibilité), la perte du pouvoir fécondant est si rapide que le phénomène dont il est question ici ne peut guère se manifester; et il est encore masqué, mais pour les raisons inverses, dans le cas d'une suspension trop concentrée, au $\frac{1}{1000}$ par exemple.

Mais il y a une autre considération encore, d'un grand intérêt biologique : celle de la *localité*, et sans doute aussi celle de la *saison*. Quand nous avons voulu répéter les expériences ci-dessus à Roscoff, en mai et juin, sur *Str. lividus*, nous n'avons pas obtenu les cytolyses qui nous ont tant frappé dans nos essais à Monaco. Souvent, les morulas, blastulas, gastrulas même ont été aussi belles dans l'un comme dans l'autre lot. L'effet de la dilution du sperme sur le développement des œufs ne s'en manifeste pas moins, mais plus tardivement, et de façon moins brutale : on a d'une part des pluteus chétifs, opaques, souvent en dôme, n'arrivant pas à acquérir des bras, d'autre part, de beaux pluteus normaux. Nous avons constaté d'ailleurs, que les *Str. lividus* à Monaco supportent fort mal la captivité et que leur sperme, même quand il est concentré, perd beaucoup plus rapidement son pouvoir fécondant que dans le cas de la même espèce, à Roscoff.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Les formes primitives du phylum des Thigmotriches; le genre* Thigmophrya. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans des Notes précédentes [1], nous avons établi l'existence d'un phylum de Ciliés commensaux et parasites des Mollusques et d'autres Invertébrés,

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 787, 915 et 1445.

les Thigmotriches, comprenant les trois familles des Ancistridés, des Hypocomidés et des Sphénophryidés, trois étapes d'une évolution continue qui, sous l'influence de la vie sédentaire et du parasitisme, a mené des Ciliés primitifs indifférenciés du type holotriche à des formes sans bouche et sans cils, immobiles et gemmipares comme des Acinétiens.

Dans la Note où nous exposions les grandes lignes de cette évolution, nous considérions déjà comme bien établies les relations des Ancistridés avec les Hypocomidés et celles des Hypocomidés avec les Sphénophryidés, c'est-à-dire la continuité des trois termes les plus évolués du phylum des Thigmotriches. Par contre, un hiatus important subsistait encore entre les Ancistridés, Holotriches déjà très spécialisés et les Holotriches libres normaux, de sorte que les relations des uns avec les autres restaient encore purement hypothétiques.

Nous avions bien, pour les étayer, évoqué, avec Fauré-Frémiet (1910), l'existence d'un thigmotactisme déjà accentué, mis en évidence par Jennings (1907) chez certains Holotriches libres tels que les Paramécies. Jennings a montré que ces Infusoires sont capables d'adhérer à un support en immobilisant leurs cils à son contact sur une étendue plus ou moins grande de leur ciliature. Ce phénomène est d'ailleurs facile à constater en micro-aquarium. L'adhérence peut se faire par n'importe quelle région du corps. Mais, d'après nos observations personnelles, c'est le plus souvent par le pôle antérieur qu'elle s'effectue. Il est à remarquer que, même dans cette région, elle n'a entraîné aucune modification morphologique de la ciliature, et l'on n'avait point d'exemple jusqu'ici, à notre connaissance, d'Holotriches de type primitif à ciliature thigmotactique différenciée.

Nos recherches nous ont procuré cet exemple et nous ont ainsi permis de combler partiellement la lacune qui existait à la base du phylum. C'est d'ailleurs, remarquons-le, toujours sur ce même terrain où s'est effectuée toute l'évolution des Thigmotriches, sur les branchies des Lamellibranches, que nous avons découvert cet Infusoire : chez *Mactra solida* à Roscoff (plage de Terennès) et chez *Tapes pullastra* à Wimereux.

Beaucoup moins sédentaire que les Ancistridés proprement dits, il rampe entre les filaments branchiaux, se fixe à eux ou nage dans la cavité palléale. Il ne montre, à première vue, aucune adaptation à ces conditions d'existence déjà spécialisées et pourrait passer pour une forme libre intruse.

Son galbe est celui d'un holotriche libre primitif, rappelant beaucoup celui des Paramécies; ovoïde allongé à gros bout antérieur de 80 à 120^{μ} de long et de 15 à 30^{μ} de large. Bouche à la limite des premier et deuxième

tiers antérieurs, au ras de la surface, sans frange adorale différenciée. Stries ciliaires méridiennes nombreuses et serrées. Mais examiné quelque peu attentivement, cet Infusoire montre, sur une étendue correspondant au cinquième postérieur de sa face dorsale, un champ elliptique où les cils, plus hauts et plus serrés que partout ailleurs, sont insérés sur des stries ciliaires épaisses, tronçons renforcés des stries de la ciliature dorsale. C'est là une aire thigmotactique identique à celle des autres Thigmotriches. Et elle se distingue non seulement par la taille de ses cils, mais encore par leurs mouvements qui ne sont pas synchrones de ceux de la ciliature générale. Il arrive souvent que, quand ceux-ci se ralentissent ou s'immobilisent, les cils thigmotactiques continuent à battre activement, par ondes d'ensemble dirigées de droite à gauche. Inversement les cils thigmotactiques restent rigides quand l'Infusoire nage au moyen de sa ciliature générale. Celle-ci sert à la natation, l'aire thigmotactique à la reptation et à l'adhérence temporaire.

N'était l'existence de cette aire thigmotactique bien différenciée, cet Infusoire pourrait entrer dans le genre *Conchophtirus* qui comprend des espèces commensales des Lamellibranches et d'autres Invertébrés. Comme chez ceux-ci la vacuole pulsatile s'ouvre dans le cytostome. Il rappelle particulièrement par sa forme générale, ses dimensions, sa structure, le *Conchophtirus antedonis* d'André. Mais il n'y a, d'après les auteurs, chez les *Conchophtirus* aucune ébauche d'aire thigmotactique, fait dont nous nous sommes assurés en ce qui concerne le *Conchophtirus anodontæ* Stein.

Nous faisons de notre Infusoire le type du nouveau genre *Thigmophrya* et de l'espèce *bivalviorum* n. sp.

Il représente l'un des tout premiers stades de l'évolution des Holotriches Hyménostomes à ciliature indifférenciée vers les Ancistridés, tous pourvus d'une aire thigmotactique bien individualisée. Mais il ne montre encore aucune ébauche de la frange ciliaire adorale si développée chez tous les Ciliés de cette famille, comme conséquence de leur vie sédentaire. Il fournit la preuve que, dans cette évolution, la différenciation de l'aire thigmotactique a précédé phylogénétiquement celle de la zone adorale et que le développement de celle-ci est bien une conséquence de la fixation.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1923.

Traité des tumeurs de l'œil, de l'orbite et des annexes, par Félix Lagrange. Tome I : *Tumeurs de l'œil*, 1901; Tome II : *Tumeurs de l'orbite et des annexes*, 1924. Paris, G. Steinheil; 2 vol. 27^{cm}. (Présenté par M. Bazy.)

Théorie et pratique des colloïdes en Biologie et en Médecine, par W. Kopaczewski. Paris, Vigot frères, 1923; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. H. Vincent.)

Notes ethnographiques sur des populations habitant les bassins du Kasai et du Kwaugo oriental : 1. Peuplades de la forêt; 2. Peuplades des prairies, par E. Torday et T. A. Joyce. Bruxelles, 1922, publié par le Ministère des Colonies; 1 vol. 35^{cm}.

Le royaume des cieux. Un peu du secret des étoiles, par Charles Nordmann. Paris, Hachette, s. d.; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

Systèmes cellulaires des mondes. La lumière relative et l'expérience de Michelson, par Stefan Christesco. Paris, Félix Alcan, s. d.; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. D. Berthelot.)

L'électrodynamique des milieux isotropes en repos, d'après Helmholtz et Duhem, par Louis Roy. Paris, Gauthier-Villars et Cie, s. d.; 1 vol. 19^{cm}.

Les isotopes, par F. W. Aston Traduit par Mlle S. Veil, avec préface de G. Urbain. Paris, J. Hermann, 1923; 1 vol. 22^{cm}.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 11 juin 1923.)

Note de MM. *R. Fosse* et *A. Hieulle*, Dérivés xanthylés de l'acide allophanique, de la thiosinamine et de l'allantoïne :

Page 1719, remplacer l'appel de note (²) par (¹) à l'avant-dernière ligne et supprimer (²) à la note.

N° 1.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 2 Juillet 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

	Pages.
M. le Président souhaite la bienvenue à MM. *Howard* et *Bœdtker*, qui assistent à la séance	5
M. Auguste Béhal. — La quatrième Conférence internationale de la Chimie pure et appliquée	5
M. Ch. Gravier. — Sur l'adaptation à la vie arboricole d'un Crabe de Madagascar (*Stenocarcinus aspersus* Gravier)	7
M. Henri Villat. ... intégrale singulière e... théorie des tourbillons équation inté...	
M. J.-B. Senderens. — ... Problème de la ... des oxydes d'éthyle et de m...	11
M. Costantin présente un Ouvrage de M. *Blaringhem* (Pasteur et le ... formisme) dont il a écrit la Préface	15

PRÉSENTATIONS.

	Pages.
Liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la chaire de Physiologie des sensations du Collège de France : 1° M. *Henri Piéron*; 2° M. *Ignace Meyerson*	19

CORRESPONDANCE.

	Pages.
Sir Robert Hadfield, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remerciements à l'Académie	20
M. le Ministre de France en Équateur fait connaître qu'une des rues de Guayaquil a reçu le nom de La Condamine	20
M. l'Amiral Darrieus communique à l'Académie les conditions des concours ouverts par l'Académie de marine	20
M. Bertrand Gambier. — Courbes de Bertrand et déformation des quadriques	20
M. Richard Birkeland. — Sur la résolution des équations algébriques par une somme des fonctions hypergéométriques	23
M. J. Haag. — Sur certains états particuliers d'une masse gazeuse, conformes à la loi de Maxwell	26
M. A. Lafay. — Sur les arborescences dessinées par l'effluve positif	28
M. Félix Michaud. — Propriétés électriques des gelées	30
M. F. Wolfers. — La déviation des rayons X à la surface des corps, et les effets produits par une fente	31
MM. A. Lepape et A. Dauvillier. — Sur la structure fine des limites d'absorption de haute fréquence. Limites L du xénon	34
M. Mabboux. — Sur une combinaison de réflecteurs	37
M. Xavier Wache. — Recherches quantitatives sur le spectre d'étincelle ultraviolet du cuivre dans l'aluminium	39
M. A. Marcelin. — Compression et détente isotherme des dissolutions superficielles	41
M. Holweck. — Pompe moléculaire hélicoïdale	43
MM. E. Carrière et Cerveau. — Détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760mm	46
M. E. Darmois. — Observations polarimétriques sur l'émétique, le tartrate et le malate d'uranyle	49
Mme N. Demassieux. — Sur l'équilibre entre l'iodure de plomb et les iodures de potassium et d'ammonium en solution aqueuse	51
MM. F. Bourion et E. Rouyer. — Sur l'association du chlorure mercurique	54

N° 1.

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (s...)

Pages.

MM. André Job et René Reich. — Sur l'existence des magnésiens arsinés...... 56

MM. L. Hackspill et G. de Heeckeren. — Nouvelle méthode volumétrique d'analyse élémentaire...... 59

M. Paul Wood. — Sur l'hydratat... ...mon hydrocarbures...... ...ouest de 60

M. F. Ehrmann. — Découver... de la Tyrrhénide dans ... fossiles d'Angle-Bougie...... ...phas trogontherii 63

M. G. Pontier. — ... base du forest bed terre; prés...... 65

Pohlig ...angeaud. — Remarques sur de ... l'huile à l'intérieur des graines ...neuses...... 67

M. ... L. Blaringhem. — Sur la mosaïque des ... chez un hybride d'Oseilles sauvages (...umex acetosa, L. × R. scutatus, L.)...... 69

M. Émile Haas. — Expériences sur les états d'adaptation régionale et relative de la rétine. Applications à la peinture...... 72

M. Émile Devaux. — Du rôle de l'allure de développement dans l'interfécondité...... 74

MM. A. Pézard et F. Caridroit. — Les modalités du gynandromorphisme chez les Gallinacés...... 76

Mme Anna Drzewina et M. Georges Bohn. — Effets tardifs de la dilution du sperme sur le développement de l'œuf d'Oursin...... 79

MM. Édouard Chatton et André Lwoff. — Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Les formes primitives du phylum des Thigmotriches; le genre *Thigmophrya*...... 81

Bulletin bibliographique...... 84

Errata...... 84

70755 — 7-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.

Le Gérant : E. Thouzellier.

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 2 (9 Juillet 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nature du « celloisobiose »*. Note de M. **Gabriel Bertrand** et de Mlle **S. Benoist**.

Quand on traite la cellulose par l'anhydride acétique en présence d'un peu d'acide sulfurique, et qu'on précipite le produit de la réaction par l'eau froide, on obtient un mélange d'acétates duquel Skraup et König ont réussi à retirer, après saponification, un disaccharide réducteur : le cellobiose ou cellose. Nous avons montré tout récemment que ce précipité renferme aussi l'acétate d'un trisaccharide réducteur, intermédiaire entre la cellulose et le cellose, et nous avons appelé ce sucre procellose (1).

Or, en étudiant de leur côté le mélange d'acétates précité après l'acétolyse de la cellulose, Ost et Prosiegel ont séparé, notamment de la partie soluble dans l'éther, une petite proportion d'un sucre inconnu qui leur a semblé être un isomère du cellose. Ils ont étudié et fait connaître ce sucre (2), ainsi que Ost et Knoth (3), sous le nom de celloisobiose.

Étant donnée l'expérience que nous avons à présent de la question, nous ne croyons pas qu'il s'agisse d'un disaccharide nouveau, ni même d'une espèce chimique pure. Le celloisobiose ressemble, par toutes ses propriétés, à de nombreuses portions intermédiaires recueillies au cours des fractionnements qui nous ont conduit à la découverte du procellose, et qui n'étaient autres que des mélanges de cellose et du trisaccharide. Comme ces mé-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1583.
(2) *Zeits. f. ang. Chemie*, t. 1, 1920, p. 100.
(3) *Cellulosechemie*, t. 3, 1922, p. 25.

langes, il présente un pouvoir rotatoire et un pouvoir réducteur compris entre ceux des deux sucres purs, avec un point de fusion variable d'un échantillon à un autre. Le Tableau ci-dessous permet de comparer facilement les caractères du soi-disant celloisobiose, d'une part, avec ceux du procellose et du cellose, d'autre part, avec ceux des portions que nous avons recueillies dans nos fractionnements :

	Pouvoir rotatoire $(\alpha)_D$.	Pouvoir réducteur en glucose.	Point de fusion.
	°	%	°
Procellose	+22,8	50	+210
Celloisobiose	+24,6	63,2	165-195
Portions intermédiaires : de	+24	56	+178
Portions intermédiaires : à	+29	64	+195
Cellose	+34	69,7	+253

C'est évidemment à cause de la difficulté qu'il y avait à séparer complètement le procellose du cellose que, malgré la peine qu'ils se sont donnée, Ost et Prosiegel, puis Ost et Knoth, ne sont pas parvenus à obtenir une espèce chimique pure. Maintenant que les propriétés des deux sucres sont connues, la séparation est plus facile, mais elle demande encore de nombreuses opérations et beaucoup de temps.

Voici comment nous avons acquis la certitude que les portions intermédiaires recueillies dans nos fractionnements étaient des mélanges et comment nous en avons extrait, à l'état de pureté, une partie du procellose qui s'y trouvait contenu.

Après quelques expériences d'orientation, nous avons soumis les portions pulvérisées à des épuisements méthodiques par l'alcool à 70 pour 100, à la température ordinaire, jusqu'à solubilité constante. De 3 à 5g de substance étaient agités continuellement dans un flacon bouché avec 50cm³ d'alcool, pendant 24 heures, à l'aide d'un moulin hydraulique. La solution saturée était décantée après repos, remplacée par du nouvel alcool, le tout soumis à l'agitation pendant 24 heures, et ainsi de suite, autant de fois que cela était nécessaire. C'est ainsi que nous avons obtenu, par exemple, avec une des portions :

Numéros des épuisements.	Températures observées.	Solubilités dans 100cm³.
	°	g
1	+18	0,56
2	+18	0,51
3	+20	0,31
4	+17	0,12
5	+18	0,12
6	+18	0,12

Lorsque la solubilité constante était atteinte, on séparait et on desséchait la partie non dissoute, on en prenait le point de fusion, le pouvoir réducteur, avant et après hydrolyse : les résultats montraient, comme la solubilité, que l'on avait affaire à du procellose. Il n'y avait donc plus qu'à réunir toutes les parties dont la solubilité constante dans l'alcool à 70° était de $0^g,12$ pour 100 [1] et à les purifier, comme nous l'avons déjà indiqué, par une recristallisation dans l'alcool à 85 centièmes.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les conditions de rendement des lampes-valves génératrices ayant une caractéristique d'arc électrique chantant et sur la définition de leur puissance.* Note de M. **André Blondel.**

Dans une étude antérieure [2], j'ai montré comment on peut prédéterminer, d'après les caractéristiques statiques [3] d'une lampe-valve, la courbe d'oscillation représentant la tension de plaque en fonction des variations du courant de plaque, quand la lampe est mise en série avec un circuit oscillant self-condensateur, monté en circuit bouchon. Le condensateur peut, comme on le sait, être remplacé par l'antenne d'un poste d'émission.

Après avoir étudié le cas de la courbe d'oscillation qu'on employait généralement à cette époque [4], et qui passe par un point situé au milieu de l'horizontale correspondant à la tension d'alimentation U (ce point correspond à un courant égal à la moitié du courant de saturation), j'ai montré [5] que cette caractéristique est loin de donner les conditions de rendement les plus avantageuses, et qu'il est bien préférable de la déplacer vers la gauche de l'épure, de façon qu'en l'absence d'oscillation, la grille soit assez négative pour empêcher tout passage du courant. L'oscillation, une fois amorcée, provoque, dans les circuits de grille, des forces électromotrices alternatives, qui sont positives pendant que la variation de ten-

(1) Dans les mêmes conditions, le cellose est environ quatre fois et demie plus soluble.

(2) A. Blondel, *Caractéristiques d'oscillation des lampes à 3 électrodes. Audion jumelé à caractéristique d'arc électrique* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 676).

(3) Par caractéristiques statiques, j'entends ici celles qu'on relève non pas lentement, mais *très rapidement*, en faisant varier la tension de plaque tout en maintenant la tension de grille constante.

(4) Cf. Gutton, *Revue générale d'Électricité*, t. 6, 1919, p. 14.

(5) *Théorie graphique des audions générateurs* (*Radio-Electricité*, juillet 1920, p. 63).

sion de plaque est négative, et inversement; aucun courant ne traverse la lampe pendant l'alternance positive; au contraire, pendant l'alternance négative, il se produit une oscillation figurée par une caractéristique d'oscillation partant du courant zéro, et sensiblement rectiligne jusqu'au moment où le voltage de grille atteint une valeur positive excessive (qu'on aura soin d'éviter). Les variations cycliques du courant peuvent d'ailleurs être représentées, comme je l'ai indiqué [1], par une épure circulaire analogue aux indicatrices d'oscillation introduites en mécanique par M. Cornu [2]. J'ai montré que ce type d'oscillation, complètement dissymétrique, donne des impulsions périodiques au circuit oscillant extérieur, lequel continue à osciller normalement entre chacune de ces impulsions, tout en restant synchronisé avec elles; et j'ai fait remarquer que le rendement peut être ainsi beaucoup amélioré par l'arrêt du courant pendant l'alternance positive de la force électromotrice d'entretien, car c'est dans la lampe que se trouve la principale résistance du circuit, celle qui produit des pertes importantes; tandis que le circuit oscillant, dont la capacité est constituée par une antenne, doit sa résistance principale à la radiation, qui a un effet utile.

J'en ai conclu qu'il y a intérêt, non seulement à rendre le potentiel de la grille négatif, mais encore à augmenter la valeur absolue de ce potentiel négatif, de manière à transformer ainsi la lampe en un *clapet* n'envoyant de l'énergie que par à-coups périodiques dans le circuit. Le circuit oscillant se trouve, par rapport à elle, tout à fait dans les mêmes conditions de liaison qu'un pendule oscillant, sychronisé électriquement, se trouve par rapport à l'électro-aimant d'entretien.

On sait, d'après les travaux de M. Lippmann, qu'on doit chercher à produire l'impulsion électromagnétique du pendule au moment où sa déviation passe par zéro.

L'impulsion donnée par la lampe génératrice au circuit oscillant se produit précisément aussi dans les meilleures conditions pour l'isochronisme, car le «courant d'entretien» qui traverse la lampe passe par son maximum en même temps que la tension alternative aux bornes de la lampe atteint son minimum négatif; or à ce moment le courant qui circule dans le circuit oscillant considéré comme circuit fermé, passe sensiblement par zéro (la phase du courant étant en quadrature par rapport à la phase de la tension prise aux bornes de la bobine de self-induction).

---

(1) *Radio-Électricité, ibid.*

(2) Cf. Cornu, *Journal de Physique*, 2e série, t. 8, mars 1869. Voir aussi A. Guillet, *Ibid.*, 5e série, t. 5, 1916, janvier et février.

On utilisera d'une manière d'autant plus parfaite les propriétés de la lampe valve qu'on réduira davantage la durée de ce courant d'entretien, car la tension consommée par la résistance de la lampe pendant le passage de ce courant sera d'autant plus faible que la phase de l'impulsion sera plus voisine de la phase du minimum de tension entre filament et plaque. Tant que la lampe reste auto-excitatrice, on est limité dans cette voie par le risque de désamorcement. Mais on peut aller beaucoup plus loin en évitant ce risque, si l'on recourt, comme l'ont indiqué MM. Morecroft et Friss [1], à une force électromotrice auxiliaire pour alimenter la grille. Ces auteurs ont montré que l'on peut ainsi abaisser la durée d'impulsion jusqu'au quart de la période; il est seulement essentiel de conserver autant que possible la différence de phase de 180° entre l'intensité du courant et la tension alternative du circuit plaqué.

La représentation graphique des caractéristiques d'oscillation que j'ai exposée [2] s'applique aussi bien aux régimes à impulsion courte. Il suffit d'adopter pour la tension de grille moyenne une valeur négative plus forte que celle qui annule le courant à la tension d'alimentation normale U; le courant ne peut ainsi commencer à passer que lorsque, par l'effet des oscillations provoquées par la source auxiliaire (qui peut être une hétérodyne) agissant sur la grille, le potentiel de celle-ci reçoit un accroissement positif suffisant; à partir de ce moment, la caractéristique d'oscillation se présente encore sous la forme d'une ligne oblique mettant en évidence une réduction de la résistance intérieure de la lampe sensiblement proportionnelle au courant qui la traverse, jusqu'au moment où le potentiel de grille, devenant très franchement positif, le courant tend vers une limite qu'il ne peut dépasser. Si l'amplitude de l'oscillation du voltage de grille est plus forte, l'épure que j'ai donnée montre que le courant diminuera momentanément par suite du coude que présente la caractéristique. On explique ainsi très facilement certaines formes curieuses relevées à l'oscillographe par Morecroft et Friss. Ces régimes sont mauvais parce qu'alors le courant qui passe par la grille devient important et provoque à la fois une rapide réduction du rendement et un amortissement des oscillations.

---

(1) Morecroft et Friss, *The vacum tube as a generator* (*Proc. American Institute of Electrical Engineers*, t. 38, 1919, p. 1415).

(1) Ces caractéristiques d'oscillation sont rapportées à la tension de plaque comme une des coordonnées, et, par suite, comparables à celles de l'arc chantant, tandis que les caractéristiques employées par d'autres auteurs sont rapportées à la tension de grille; seules les premières permettent une évaluation directe des puissances.

On explique également la production d'harmoniques supérieurs qui sont d'autant plus importants que les impulsions sont plus courtes; on doit les étouffer, soit par le circuit principal, soit par des circuits oscillants auxiliaires. L'oscillation est entretenue par l'impulsion brusque qui se produit au moment où commence à passer le courant dans la lampe; tout se passe alors comme si une différence de potentiel disponible était appliquée brusquement au circuit oscillant par l'intermédiaire d'une résistance négative égale à la résistance négative apparente de la lampe dont on vient de parler.

On peut mettre ce problème assez facilement en équations, mais on arrive à une intégrale trop compliquée, même si l'on néglige la courbure de la caractéristique, pour qu'il vaille la peine d'exposer ici cette solution [1]; la seule conclusion théorique qu'il faille retenir, c'est que l'énergie communiquée au circuit oscillant pendant les impulsions doit être assez grande (et par conséquent la caractéristique assez rapidement tombante) pour compenser l'énergie perdue (par résistance et par rayonnement) par le circuit oscillant pendant la période complète; en additionnant les durées de la charge et du régime libre, on doit trouver une durée égale à une période de l'oscillation de l'antenne.

Graphiquement, on peut étudier le rendement en négligeant les harmoniques et en supposant que le régime du circuit oscillant est sinusoïdal et que la tension de grille varie suivant la même loi restant constamment proportionnelle à la tension appliquée aux bornes de la lampe, mais décalée de 180°.

Avec ces hypothèses, on peut facilement déterminer le rendement du système, d'après les remarques suivantes : la puissance n'est consommée dans la lampe que pendant l'impulsion de courant; cette puissance s'obtient en appliquant la tension U totale à l'intégrale du courant I pendant l'impulsion; on démontre aisément que si la tension oscillante est

$$u = k\mathrm{U}\sin\omega t$$

(k étant un facteur d'amplitude tenant compte de la limite imposée à la tension positive de la grille), le courant i dans la lampe a pour équation, à chaque instant,

$$i = \mathrm{I}\frac{\sin\omega t - \sin\omega t_0}{1 - \sin\omega t_0},$$

---

[1] On dispose d'ailleurs, pour exécuter ce calcul, d'une machine à calculer parfaite et simple qui est l'oscillographe, et le relevé oscillographique a le grand avantage qu'il donne immédiatement le résultat de toutes les corrections dues au fonctionnement pratique des appareils.

en appelant I l'intensité maxima, qui sera pratiquement notablement inférieure au courant de saturation, et t_0 la phase où commence la conductibilité de la lampe. Soient T la période, $T = \frac{2\pi}{\omega}$; et posons $\theta_0 = 2\pi \frac{t_0}{T}$.

La puissance consommée pendant une impulsion est alors

$$P = 2\,UI \int_0^{\frac{T}{4}} \frac{\sin\omega t - \sin\omega t_0}{1 - \sin\omega t_0} = \frac{UIT}{1 - \sin\theta_0}\left[\frac{\cos\theta_0}{\pi} - \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_0}{\pi}\right)\sin\theta_0\right].$$

Quant à la puissance utilisée pour l'oscillation du circuit, elle s'obtient en prenant pendant l'impulsion l'intégrale de la puissance *ei* résultant du produit de la tension résultante U par le courant *i* à chaque instant

$$P_u = 2k\,UI \int_{t_0}^{\frac{T}{4}} \sin\omega t \frac{\sin\omega t - \sin\omega t_0}{1 - \sin\omega t_0} = \frac{k\,UIT}{4(1 - \sin\theta_0)}\left[1 - \frac{2\theta_0}{\pi} - \frac{1}{\pi}(\sin 2\theta_0 - 2\sin\theta_0)\right].$$

On voit aisément que cette formule se réduit à o quand le $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$. On voit également que la puissance fournie utilisée par la lampe diminue avec la durée de l'impulsion $\frac{T}{2} - 2t_0$.

Il est facile de déduire de ces valeurs le rendement de la lampe

$$\eta = \frac{P_u}{P}$$

(le rendement de l'antenne s'obtiendrait en déduisant du précédent le degré de puissance dans le circuit oscillant).

Dans le cas particulier que j'avais traité dans mon étude de 1920, $\theta_0 = 0$, on voit que le rendement atteint $\frac{\pi}{4} = 0{,}78$; au lieu que dans l'ancien système de fonctionnement des lampes pendant les deux alternances, il ne pouvait pas dépasser 50 pour 100. Cette augmentation du rendement étant obtenue aux dépens de la puissance disponible, on peut se demander comment on spécifiera la puissance de la lampe. Comme on peut augmenter cette puissance dans certaines limites en augmentant de nouveau la tension d'utilisation, on voit qu'il est bien difficile de définir la puissance d'une lampe par la puissance qu'elle peut débiter dans un circuit oscillant, car elle est essentiellement variable suivant la tension employée et suivant les conditions d'excitation de la grille. Il semble plus rationnel de définir une lampe par la puissance que l'anode peut dissiper sans échauffement excessif, car c'est

ce qui limite l'emploi possible de la lampe. Une valve triode ne peut être assimilée ni à une machine génératrice, puisqu'elle ne produit pas d'énergie, mais en consomme simplement; ni à un transformateur, puisque les conditions de transformation sont essentiellement variables avec la durée d'excitation de la grille; en réalité, une lampe génératrice joue le rôle d'un *clapet*, elle doit donc être définie par les conditions limites de son emploi, tout un clapet de moteur.

On pourrait d'ailleurs compléter cette définition (d'une façon analogue à ce qu'on admet pour définir la capacité d'un accumulateur) en ajoutant l'indication des puissances communiquées à un circuit oscillant pour deux ou trois valeurs du rendement de plaque, 0,60; 0,70; 0,75 par exemple, et en faisant connaître les parties correspondantes de grille et la puissance nécessaire au chauffage du filament.

Comme on l'a dit plus haut, pour arriver à des durées de fonctionnement très courtes de ce clapet, il est bon de recourir à une excitation indépendante de la grille; pour que celle-ci soit synchronisée pendant les oscillations du circuit oscillant, il est bon d'établir un couplage entre ce circuit et la source auxiliaire.

J'ai été ainsi conduit à préconiser comme générateur un système d'audions jumelés [1] dans lequel la lampe de travail, ou le groupe de lampes de travail, a sa grille excitée par une lampe-relais dont la grille est elle-même excitée, au moyen de résistance (qui peut être évidemment remplacée par une impédance) ou capacité, par le circuit oscillant de l'antenne; et j'ai signalé que ce dispositif a les propriétés de l'arc chantant.

Il est évident que cet audion générateur peut se comporter comme l'arc chantant de seconde espèce que j'ai décrit pour la première fois en 1905 [2], (différant complètement de l'arc chantant de Duddel) et qui joue le rôle de clapet. Le rendement de l'arc chantant de seconde espèce, considéré comme producteur d'oscillations, croît de la même manière quand on réduit la durée des impulsions de courant en augmentant la self-induction placée dans ce circuit d'alimentation.

---

[1] *Comptes rendus*, *loc. cit.*, t. 169, 1919, p. 679.

[2] *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1680, et *Journal de Physique*, t. 4, 1905, p. 604.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les méthylhepténols tertiaires* (II). *Leur hydrogénation catalytique*. Note [1] de MM. **V. Grignard** et **R. Escourrou**.

Les méthylhepténols tertiaires [2] dont nous avons indiqué la synthèse dans une précédente Note [3] ont donné lieu, à l'occasion de leur hydrogénation catalytique, à des observations intéressantes qui nous paraissent mériter d'être signalées ici.

La saturation de la double liaison pouvait, semble-t-il, être effectuée normalement au moyen de deux grandes méthodes classiques, c'est-à-dire en présence du nickel ou du platine. Nous les avons examinées l'une et l'autre.

Méthode au platine. — Le noir de platine a été préparé par la méthode de Loew [4] et conservé dans l'éther anhydre. L'alcool éthylénique, en solution dans l'éther anhydre ou l'alcool méthylique, est introduit daus le flacon-laboratoire dont on remplace alors l'air par du gaz carbonique. On ajoute le catalyseur, à raison de 1^g environ, pour 20 à 30^g de méthylhepténol tertiaire. On chasse ensuite le CO^2 par de l'hydrogène, puis on agite énergiquement, sous une pression d'hydrogène d'environ 1^m d'eau.

Nous avons reconnu d'ailleurs qu'en portant la pression à $0^{atm},5$ la vitesse d'hydrogénation était très notablement accrue.

L'hydrogénation est très régulière pour les premiers termes, mais, à partir du dérivé propylé, on constate que la réaction se ralentit assez vite, comme si le catalyseur était empoisonné. Il n'en est rien cependant et il suffit, pour lui faire reprendre son activité, de renouveler l'atmosphère du flacon.

En fait, nous nous trouvons, ici, comme au cours de la distillation, en présence du phénomène de dédoublement cétonique. Il y a libération de propane, ou de butane, qui empêche l'accès de l'hydrogène; pour les termes plus élevés, l'hydrocarbure séparé n'est plus gazeux et cet inconvénient disparaît.

En même temps, il se produit de la méthylhepténone que l'on peut

---

(1) Séance du 2 juillet 1923.

(2) Cette dénomination ne saurait évidemment convenir pour la nomenclature; nous ne l'employons que par simplification et pour rappeler l'origine de ces alcools.

(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1860.

(4) *Ber.*, 1890, p. 289.

retrouver, en nature, quand on a utilisé un catalyseur fatigué, ou à l'état complètement hydrogéné, c'est-à-dire de méthyl-2 heptanol-6, dans les cas normaux.

Une expérience complémentaire a d'ailleurs montré que ce n'est pas l'alcool saturé attendu qui se coupe au cours de l'hydrogénation.

Ce dédoublement, sous l'influence du noir de platine, a déjà été observé dans quelques cas, en particulier par Locquin et Sung Wouseng (1) au cours de la préparation des dialcoylvinyl-carbinols.

Méthode au nickel. Hydrogénation catalytique dans le vide. — La méthode de Sabatier et Senderens a déjà été appliquée au diméthyl-2.6 octénol-2.6 (éthylméthylhepténol), par Enklaar (2) qui obtint, vers 300°, une quantité notable de diméthyloctane, à côté du diméthyloctanol cherché.

Nous avons essayé d'appliquer la même méthode à l'homologue inférieur, le diméthylephténol, mais, même en opérant à température beaucoup plus basse, vers 180°, nous n'avons obtenu que le diméthyl-2.6 heptane; c'est-à-dire que l'alcool est complètement déshydraté et que l'hydrogénation porte sur le diène correspondant.

Nous avons alors songé à réaliser l'hydrogénation sous pression réduite dans l'espoir qu'en abaissant la concentration à la surface du catalyseur nous éviterions, au moins en partie, la déshydratation de nos alcools. Cette hypothèse a été confirmée au delà même de nos espérances.

Le vide avait d'ailleurs été déjà utilisé pour quelques réactions catalytiques, mais plutôt pour faciliter l'opération que pour modifier la nature du phénomène catalytique. Ainsi Grignard et Ch. Courtot (3) n'ont pu isoler le benzofulvène et ses homologues supérieurs qu'en réalisant la déshydratation catalytique des benzofulvanols, sur l'alumine, sous une pression de 15 à 20^{mm}; Moureu et Mignonac (4) oxydent catalytiquement, sous pression réduite, les alcools peu volatils; quelques brevets ont également revendiqué l'emploi du vide pour l'hydrogénation des huiles.

Nous avons employé comme catalyseur de la ponce nickelée préparée avec de l'hydrate de nickel (du nitrate), séchée à 140° et réduite entre 270° et 290° (5). L'alcool à hydrogéner est placé dans un petit ballon de Wurtz, chauffé au bain d'huile et débouchant dans le tube-laboratoire; sa rentrée d'air est alimentée par de l'hydrogène purifié.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1551.
(2) *Rev. Tr. ch. P.-B.*, 1908, p. 415.
(3) *Congrès de l'A.F.A.S.*, 1914, p. 253; *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 500.
(4) *Bull.*, 1921, p. 89.
(5) Brunel, *Ann. Ch. et Phys.*, t. 8, 1905, p. 205.

Nous avons constaté, sur nos trois premiers alcools, que sous un vide de 15^{mm} environ, l'hydrogénation commence au-dessous de 90°, qu'elle est déjà très active entre 90° et 100° et que, bien plus, on peut la réaliser à la même température que sous la pression ordinaire, sans provoquer la moindre déshydratation.

Ainsi le diméthylhepténol a été transformé intégralement à 160°-170°, sous 14^{mm}, en diméthyl-2.6 heptanol-6 (à 90°-100°, la réduction porte déjà sur les trois quarts); le propylméthylhepténol a été parfaitement réduit à 100° sous 15^{mm}.

Il faut, en outre, remarquer qu'il ne se produit pas ici de dédoublement cétonique comme en présence du platine et que, contrairement à ce que l'on aurait pu penser, la vitesse d'hydrogénation n'est nullement ralentie par l'emploi du vide.

Ces intéressants résultats s'écartent assez sensiblement des idées admises jusqu'en ces dernières années ([1]), mais s'accordent bien avec les spéculations les plus récentes ([2]). On peut, semble-t-il, les expliquer de la façon suivante :

Sous une pression suffisante, le nickel adsorbe à la fois l'hydrogène et l'alcool éthylénique. Sur la partie adsorbée de l'alcool, il fonctionne alors, à partir d'une certaine température, comme catalyseur de déshydratation. D'autre part, l'alcool adsorbé empêche le renouvellement de l'hydrogène sur le métal et la catalyse hydrogénante est faible ou même nulle. Aux faibles pressions, au contraire, l'hydrogène seul est adsorbé et l'on n'observe plus que la catalyse hydrogénante. La vitesse de cette réaction paraît être conditionnée surtout par la vitesse de désorption qui est plus accrue par l'abaissement de la pression que par l'élévation de la température.

Si cette explication est exacte, elle se vérifiera vraisemblablement dans d'autres cas où la réaction normale d'hydrogénation est accompagnée de réactions secondaires. Nous nous proposons d'entreprendre cette étude et nous exprimons le désir qu'on veuille bien nous la laisser pendant quelque temps.

Notons enfin que la facilité de déshydratation catalytique de nos alcools est bien due à la double liaison, car on peut repasser sur le nickel, à la pression ordinaire et vers 180°, les alcools saturés, sans constater la moindre déshydratation.

([1]) Voir Brochet, *Bull.*, 1914, p. 556.

([2]) Langmuir, *J. Am. ch. Soc.*, 1915, p. 1162. — Lewis, *J. Chem. Soc.*, 1920, p. 631.

Les alcools saturés, résultant des hydrogénations précédentes, sont des liquides incolores, d'odeur agréable mais peu intense; ils bouillent légèrement au-dessous des alcools éthyléniques correspondants; leurs densités et leurs indices sont un peu plus faibles. Ils se déshydratent facilement par chauffage sur l'acide métaphosphorique.

Les deux Tableaux ci-dessous permettront la comparaison des méthylhepténols tertiaires et de leurs produits d'hydrogénation :

R — *Méthylhepténols.*

R.	Ébullition.	Densité.	Indice.	Rendement pour 100.
CH^3	77-78°/13mm; 173-175°/740mm	$d_{10,5} = 0,8564$	$n_D^{10} = 1,45197$	85
C^2H^5.........	92,5-93°/13mm; 197°/736mm	$d_{17} = 0,8572$	$n_D^{15} = 1,45658$	82
$n - C^3H^7$.....	102-103°/13mm	$d_{11} = 0,8592$	$n_D^{11} = 1,45727$	85
$i - C^3H^7$.....	97-98°/12mm	$d_{10} = 0,8717$	$n_D^{10} = 1,46295$	»
$n - C^4H^9$.....	95-96°/5mm; 119°/12mm	$d_{10,5} = 0,8603$	$n_D^{10} = 1,45997$	65
$i - C^5H^{11}$....	123-124°/14mm	$d_{11} = 0,8566$	$n_D^{10,5} = 1,45657$	70
C^6H^5	144-145°/11mm	$d_{10} = 0,9679$	$n_D^{12,5} = 1,52316$	55
$C^6H^5CH^2$.....	153-154°/10mm	$d_{10,5} = 0,9654$	$n_D^{10} = 1,52632$	45

R — *Méthylheptanols.*

R.	Ébullition.	Densité.	Indice.	Rendement.
CH^3	170-172°/760mm	$d_{10,5} = 0,8162$	$n_D^{10,5} = 1,42831$	Hydrogénation dans le vide, sensiblement quantitative. Sur le platine, dédoublement cétonique partiel.
C^2H^5	84-85°/10mm	$d_{11} = 0,8374$	$n_D^{11} = 1,43773$	
$n - C^3H^7$	105-106°/16mm; 206-208°/741mm	$d_{11} = 0,8458$	$n_D^{11} = 1,44917$	
$n - C^4H^9$	115°/14mm	$d_{11} = 0,8526$	$n_D^{12} = 1,45537$	
$i - C^5H^{11}$	131-132°/20mm	$d_{11} = 0,8444$	$n_D^{11} = 1,45007$	
$C^6H^5CH^2$.....	155-156°/12mm	$d_{12} = 0,9420$	$n_D^{12} = 1,50389$	

M. **R. Bourgeois** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de vous présenter une étude publiée par le Service géographique de l'Armée sous le titre : *La nouvelle Carte de France.*

Le Service géographique s'est proposé dans cette étude de reprendre, au point où elle avait été laissée avant la guerre, la question, agitée depuis si longtemps, de la réfection de la Carte de France.

Le général Bassot avait déjà présenté à l'Académie, dans la séance

du 27 mars 1889, un Ouvrage historique du colonel Berthaut qui répondait à une préoccupation analogue.

A cette occasion, l'Académie avait chargé une Commission spéciale d'examiner l'intérêt qu'il pourrait y avoir à recommencer les travaux de la Carte de France à une plus grande échelle.

Le rapport de cette Commission présenté par Lapparent affirmait, avec une grande force de persuasion, combien il était désirable que le projet d'une nouvelle Carte pût être mis à exécution.

L'Académie émit un vœu en ce sens et décida qu'une délégation serait chargée de la remettre au Ministre de la Guerre.

Malheureusement cette demande ne suffit pas à déterminer l'adoption des mesures financières qui eussent été nécessaires pour réaliser cette grande œuvre dans les délais raisonnables.

En présence d'un programme dont la réalisation, avec les moyens dont il disposait, eût demandé 250 années, le Service géographique dut dès lors se poser des limites et conformer son plan de travail aux possibilités qui lui étaient accordées, en attendant une occasion plus propice.

Les événements ne devaient pas tarder cependant à justifier, dans un domaine tout à fait imprévu, le projet dont l'exécution avait été ainsi ajournée. La tournure prise par les opérations de guerre, aussitôt après la bataille de la Marne, obligea en effet le Haut Commandement à reconnaître la nécessité absolue de posséder dans toute la zone de combat le plan directeur qui n'est autre qu'une Carte topographique précise à l'échelle du $\frac{1}{20000}$ adaptée aux besoins militaires.

Le Service géographique, dans son étude de « la nouvelle Carte de France », a cru devoir s'appuyer sur ces considérations impérieuses de défense nationale qui s'affirmèrent de plus en plus au cours de la guerre pour poser à nouveau le problème dans son ensemble.

Mais bien d'autres motifs à la vérité justifient un nouvel examen de la question. Des besoins que Lapparent signalaient à l'Académie en 1899 s'accusent chaque jour davantage; d'autres se révèlent auxquels on ne songeait pas. Le sursaut d'activité provoqué par le besoin de réorganisation économique du pays fait ressortir avec plus d'évidence que jamais l'utilité générale de la nouvelle Carte.

Pour tous les grands travaux publics, pour l'industrie extractive, pour les entreprises hydro-électriques, pour l'assainissement des villes et leur alimentation en eau, pour les travaux d'irrigation et de drainage, etc., les ingénieurs réclament des cartes topographiques leur permettant d'établir

rapidement leurs avant-projets et de préparer leurs projets définitifs; l'échelle au $\frac{1}{80000}$ ne leur suffit pas, il leur faut une description géométrique du sol, exacte, avec courbes de niveau à équidistance de 5 ou 10^{m} présentée à l'échelle du $\frac{1}{10000}$, du $\frac{1}{20000}$ ou du $\frac{1}{50000}$; les progrès de l'agriculture aussi réclament de tels documents; à la faveur du tourisme enfin, le désir de cartes plus précises et plus détaillées que la Carte d'Etat-Major, et d'une lecture plus facile, se propage peu à peu dans tout le pays.

Si l'on envisage le côté scientifique de la question pour rester sur le terrain des préoccupations habituelles de l'Académie, on doit reconnaître que les géologues et les géographes se trouvent de plus en plus gênés par le manque de données cartographiques satisfaisantes. C'est à tel point que des savants éminents sont obligés de sacrifier un temps précieux au relevé des bases topographiques qui leur sont nécessaires.

Pour tous ces motifs, le Service géographique considère à juste titre le fondement théorique du projet d'une nouvelle Carte de France comme solidement établi. Espérant que l'appui des savants lui était d'ores et déjà acquis, il a pensé qu'il devait s'adresser aujourd'hui au grand public cultivé et qu'il convenait de lui présenter un véritable programme d'exécution des travaux afférents à l'entreprise de la nouvelle Carte de France, portant sur un nombre raisonnable d'annuités. Il va de soi qu'il a dû tenir compte, au plus haut degré, dans l'élaboration de son projet des désirs légitimes d'économie qui résultent de la situation financière actuelle et simplifier les projets antérieurs tout en respectant leurs caractères scientifiques fondamentaux.

Les procédés d'exécution qu'il envisage sont d'autre part modernisés; il tire notamment le plus grand profit des enseignements de la guerre en matière topographique, particulièrement en ce qui concerne les applications de la photographie aérienne à l'exécution des levés.

Ces levés seront appuyés en principe sur l'ancienne triangulation dite des Ingénieurs géographes, le projet d'une nouvelle triangulation générale du territoire devant provisoirement céder le pas à celui de la nouvelle Carte.

Mais le Service géographique s'est réservé la possibilité d'adapter ultérieurement les feuilles publiées aux résultats plus précis de la nouvelle triangulation dont l'exécution sera poursuivie de toute façon aussi rapidement qu'il sera possible.

Les spécimens de cartes présentés par le Service géographique sont entièrement satisfaisants. Leur mode de rédaction est inspiré du même

principe qui domine la conception du programme des travaux géodésiques et topographiques, et constitue l'idée maîtresse de l'ensemble de l'étude, à savoir de satisfaire aux besoins essentiels de la manière la plus économique possible.

Ainsi présenté, le projet de réfection de la Carte de France paraît réunir toutes les chances d'aboutir rapidement. Ce serait un grand bien pour la Science française.

M. **H. Lecomte** dépose pour la Bibliothèque de l'Institut un petit Ouvrage qu'il vient de publier sur *Les bois coloniaux*.

Dans ce travail, il a eu surtout pour objectif de montrer que les bois si variés fournis par nos forêts coloniales peuvent être caractérisés par une étude attentive de leur structure.

L'Ouvrage contient la liste des principaux bois coloniaux actuellement connus avec l'indication de leurs usages probables d'après leurs caractères de structure.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La simultanéité générale et le temps universel; Les théories de la relativité dépassent les données de l'expérience*, par M. Corps. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° Ch. Maurain. *Physique du Globe*.

3° W. Nicati. *Physiologie oculaire humaine et comparée, normale et pathologique*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la meilleure approximation des fonctions possédant un point singulier essentiel.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit

$$f(x) = \sum_{1}^{\infty} \frac{A_h}{(a-x)^h}$$

une fonction possédant un point singulier essentiel $a > 1$. Proposons-nous de déterminer la valeur asymptotique de sa meilleure approximation $E_n f(x)$ par des polynomes de degré n sur le segment $(-1, +1)$. Le cas que j'ai complètement élucidé est celui où $A_h \geqq 0$.

Le résultat général, dont il serait trop long de reproduire ici la démonstration, est le suivant :

On a

$$(1) \qquad (a^2-1)E_n[f(x)] \sim \sum_1^\infty \frac{A_h |P_{h-1}|}{(h-1)!} \sim \frac{\sqrt{a^2-1}}{n} \sum_1^\infty \frac{A_h |P_h|}{(h-1)!},$$

où

$$P_h = \frac{d^h}{da^h}\left(\frac{1}{a+\sqrt{a^2-1}}\right)^n.$$

La formule (1) peut être mise sous une forme plus maniable, si l'on fait des hypothèses particulières sur l'ordre de décroissance des coefficients A_h.

Ainsi, dans le cas où $\overline{\lim}\, h \sqrt[h]{A_h} = 0$, on a

$$(2) \qquad (a^2-1)(a+\sqrt{a^2-1})^n E_n[f(x)] \sim \sum_1^\infty \frac{A_h}{(h-1)!}\left(\frac{n}{\sqrt{a^2-1}}\right)^{h-1},$$

et dans le cas où $\overline{\lim}\, h^{\frac{1}{2}} \sqrt[h]{A_h} = 0$, on a

$$(3) \qquad (a^2-1)(a+\sqrt{a^2-1})^n E_n[f(x)] \sim \sum_1^\infty \frac{A_{h+1}}{h!}\left(\frac{n}{\sqrt{a^2-1}} + \frac{ah}{2(a^2-1)}\right).$$

On pourrait donner des formules analogues pour le cas, où

$$\overline{\lim}\, h^{\frac{1}{\rho}} \sqrt[h]{A_h} = 0,$$

ρ étant un nombre entier donné.

L'application des formules indiquées donne, par exemple,

$$(a+\sqrt{a^2-1})^n E_n\left(\cos\frac{1}{\sqrt{x-a}}\right) \sim \frac{e^{3\sqrt[3]{\frac{n}{4\sqrt{a^2-1}}}}}{\sqrt{3\pi}\,\sqrt[3]{16}(a^2-1)^{\frac{7}{12}} n^{\frac{5}{6}}},$$

$$(a+\sqrt{a^2-1})^n E_n\left(e^{\frac{1}{a-x}}\right) \sim \frac{e^{2\sqrt{\frac{n}{\sqrt{a^2-1}} + \frac{a}{2\sqrt{a^2-1}}}}}{2\sqrt{\pi}(a^2-1)^{\frac{5}{8}} n^{\frac{3}{4}}}.$$

D'une façon générale on peut affirmer que, *si* $\sqrt[k]{A_h}$ *est de l'ordre de* $h^{-\frac{1}{\rho}}$ *le produit* $(a+\sqrt{a^2-1})^n E_n[f(x)$ *est égal à* $e^{kn^{\frac{\rho}{1+\rho}}}$, où k est une fonction positive de n bornée supérieurement et inférieurement.

Il résulte aussi de la formule (1) que la relation

$$(4)\qquad E_n[f'(x)] \sim \frac{d}{da} E_n[f(x)] \sim \frac{n}{\sqrt{a^2-1}} E_n[f(x)]$$

que j'avais établie pour le cas des singularités algébriques, subsiste également dans le cas d'un point singulier essentiel, pourvu que les coefficients $A_h \geqq 0$.

2. Le cas où le signe des coefficients A_p est quelconque, présente des difficultés bien plus considérables, et je n'ai pu les vaincre que sous la condition que les coefficients A_p décroissent assez rapidement [sans parler naturellement du cas où $f(x) = f_1(x) - f_2(x)$, $f_1(x)$ et $f_2(x)$ étant de la nature précédente et possédant des meilleures approximations à valeur asymptotique inégale; dans ce cas on a simplement

$$E_n f(x) \sim E_n f_1(x) - E_n f_2(x)].$$

Dans l'hypothèse des A_p de signe quelconque on aperçoit une irrégularité remarquable dans la décroissance de la meilleure approximation qui présente quelque analogie avec la loi de décroissance des coefficients du développement de Taylor, lorsqu'on a un point singulier essentiel sur le cercle de convergence. Pour discuter d'une façon approximative la loi de la décroissance de la meilleure approximation on peut utiliser le développement de la fonction considérée en série de polynomes trigonométriques, mais la valeur asymptotique ne peut être obtenue par cette méthode.

Par une discussion assez délicate je suis parvenu à reconnaître que *l'égalité* (1) *subsiste pour une infinité de valeurs de n* (il est certain qu'elle ne peut, en général, avoir lieu pour toutes les valeurs de n si le signe des A_h est quelconque), *pourvu que* $h^2 \sqrt[h]{|A_h|}$ *ne croisse pas indéfiniment.*

Ainsi, par exemple, si $A_h = \frac{(-1)^h (h-1)!}{4h!}$, on a

$$(a^2-1)\left(\sqrt{a^2-1}\right)^n E_n f(x) \sim \frac{1}{2}\left|\cos \sqrt[4]{\frac{n}{2\sqrt{a^2-1}}}\right| e^{\sqrt[4]{\frac{n}{2\sqrt{a^2-1}}}} = F(n)$$

pour toutes les valeurs de n telles que $F(n) \geqq F(n_1)$, lorsque $n > n_1$.

Dans le cas général nous pouvons affirmer seulement qu'il y a une infinité de valeurs de n pour lesquelles $E_n f(x)$ est de l'ordre de

$$\frac{1}{n} \sum_1^\infty \frac{A_h |P_h|}{(h-1)!}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de Laguerre.* Note de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Laguerre (1) a posé l'intéressante question de généraliser le théorème de Descartes relatif à la règle des signes pour les racines imaginaires des équations algébriques. J'ai obtenu par un théorème de Cauchy une extension de cette règle classique en démontrant le théorème suivant :

Soit

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n = 0 \qquad (1)$$

une équation à coefficients réels, dont le nombre des variations des signes est V. *Alors le nombre de ses racines, dont les arguments sont compris entre* $-\alpha$ *et* $+\alpha\left(0 \leqq \alpha < \frac{\pi}{2}\right)$, *les limites* $-\alpha$ *et* $+\alpha$ *étant exclues, ne surpasse pas* $V + 2\left[\frac{n\alpha}{\pi}\right]$ (*où* $[x]$ *désigne le plus grand nombre entier contenu dans* x) *et s'il est moindre, la différence est un nombre pair.*

Pour la démonstration nous utilisons un théorème de Cauchy. Soit OABO un secteur K dans le plan de variable complexe $x = \rho e^{i\varphi}$, choisi comme il suit : pour OA nous avons $x = \rho e^{-i\alpha}$, $0 \leqq \rho \leqq R$, pour l'arc AB $x = \rho e^{i\varphi}$, $-\alpha \leqq \varphi \leqq \alpha$ [R pris assez grand pour que les modules des racines de l'équation $f(x) = 0$ soient plus petits que R], et pour BO, $x = \rho e^{i\alpha}$, $0 \leqq \rho \leqq R$. Supposons que sur le contour de K l'équation (1) n'ait pas de racines, et α choisi tel que $\sin k\alpha \neq 0$ pour $k = 1, 2, \ldots, n$ pour la simplicité des raisonnements, ce qui est toujours possible parce que les limites $-\alpha$ et α sont exclues.

On a

$$f(x) = \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu \rho^\nu \cos\nu\varphi + i\sum_{\nu=1}^{n} a_\nu \rho^\nu \sin\nu\varphi = P + iQ.$$

D'après le célèbre théorème de Cauchy, nous savons que le nombre N des racines de l'équation (1), qui sont contenues dans K est égal à la moitié de la différence entre le nombre de fois que $\frac{Q}{P}$ s'annule en passant du négatif au positif et le nombre de fois que $\frac{Q}{P}$ s'annule en passant du positif au négatif quand x parcourt le contour de K dans le sens direct. Sur l'arc AB, $\frac{Q}{P}$ a pour

(1) Laguerre, *Comptes rendus*, 1874, et *Œuvres*, t. 1, p. 50.

de grandes valeurs de R le signe de $\tang n\varphi$, donc s'annule $2\left[\frac{n\alpha}{\pi}\right]+1$ fois en passant du négatif au positif. Soient $a_0 \neq 0$ (on peut toujours supposer cela), $a_\mu \sin\mu\alpha$ le premier des produits $a_1 \sin\alpha$, ..., $a_n \sin n\alpha$, qui n'est pas égal à zéro et soit $\varepsilon > 0$ une quantité assez petite pour que l'équation

$$a_\mu \sin\mu\alpha + \rho a_{\mu+1} \sin(\mu+1)\alpha + \ldots + \rho^{n-\mu} a_n \sin n\alpha = 0$$

n'ait pas de racines positives plus petites que ε. Désignons par V'_1 le nombre des variations de la suite $a_1 \sin\alpha$, ..., $a_n \sin n\alpha$; quand x parcourt BO, $x = \rho e^{i\alpha}$, ρ varie entre R et ε, $\frac{Q}{P}$ s'annule i fois, i étant égal ou inférieur au nombre des racines positives de l'équation

$$a_1 \sin\alpha + \rho a_2 \sin 2\alpha + \ldots + \rho^{n-1} a_n \sin n\alpha = 0,$$

c'est-à-dire $i \leqq V'_1$. Il en est de même pour la ligne OA. Quand x passe par O en variant de $x_1 = \varepsilon e^{i\alpha}$ à $x_2 = \varepsilon e^{-i\alpha}$, on peut choisir ε assez petit que le signe de $\frac{Q}{P}$ provienne du terme de Q, qui contient ρ au plus petit degré. Donc, pour $x_1 = \varepsilon e^{i\alpha}$, $\frac{Q}{P}$ a le signe de $\frac{a_\mu \sin\mu\alpha}{a_0}\varepsilon^\mu$ et pour $x = \varepsilon e^{-i\alpha}$ le signe de $-\frac{a_\mu \sin\mu\alpha}{a_0}\varepsilon^\mu$ et par suite $\frac{Q}{P}$ s'annule pour $x = 0$ en passant du positif au négatif si $\frac{a_\mu \sin\mu\alpha}{a_0} > 0$ et du négatif au positif si $\frac{a_\mu \sin\mu\alpha}{a_0} < 0$. Donc si nous désignons par V_1 le nombre des variations des signes de la série a_0, $a_1 \sin\alpha$, $a_2 \sin 2\alpha$, ..., $a_n \sin n\alpha$, on aura :

$$2N \leqq 2\left[\frac{n\alpha}{\pi}\right] + 1 + 2V'_1 + q,$$

où $q = -1$ si $V_1 = V'_1$, et $q = 1$ si $V_1 = V'_1 + 1$, c'est-à-dire

$$N \leqq \left[\frac{n\alpha}{\pi}\right] + V_1.$$

De ce que V désigne le nombre des variations de la suite a_0, a_1, ..., a_n et que le nombre des variations de signes de la suite 1, $\sin\alpha$, $\sin 2\alpha$, ..., $\sin n\alpha$ est égal à $\left[\frac{n\alpha}{\pi}\right]$, on conclut facilement que

$$V_1 \leqq V + \left[\frac{n\alpha}{\pi}\right],$$

d'où résulte le théorème énoncé. Si l'on pose $\alpha = \frac{\pi}{n}$, on obtient la proposi-

tion : le nombre des racines de l'équation (1) dont les arguments sont compris entre $-\frac{\pi}{n}$ et $\frac{\pi}{n}$ (les limites sont exclues) ne surpasse pas le nombre des variations de ses coefficients.

Parmi les intéressantes conséquences que l'on peut en tirer, nous en citerons une, qui consiste en une extension d'un théorème de Malo [1]. *Soit*

$$f(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x^n = 0$$

une équation à coefficients réels, les arguments de ses racines se trouvant dans les intervalles

$$\left(-\frac{\pi}{2n}, \frac{\pi}{2n}\right) \quad \text{et} \quad \left(\pi - \frac{\pi}{2n}, \pi + \frac{\pi}{2n}\right);$$

et soit

$$g(x) = b_0 + b_1 x + \ldots + b_n x^n = 0$$

une autre équation à coefficients positifs, les arguments de ses racines se trouvant dans l'intervalle $\left(\pi - \frac{\pi}{2n}, \pi + \frac{\pi}{2n}\right)$. *Alors l'équation*

$$a_0 b_0 + a_1 b_1 x + \ldots + a_n b_n x_n = 0$$

a seulement des racines réelles. La démonstration est la même que chez Malo, mais on applique le théorème indiqué dans ce travail.

COSMOGONIE. — *Une distribution des masses avec une densité moyenne nulle, sans centre de gravité.* Note de M. F. **Selety**, présentée par M. Émile Borel.

Une des principales raisons, pour lesquelles on a hésité à accepter l'hypothèse d'une densité moyenne nulle dans un espace infini, est l'idée qu'elle a pour conséquence l'existence d'un centre de l'univers. Si la matière de l'univers a la structure supposée par MM. E.-E. Fournier d'Albe [2],

---

[1] Malo, *Journ. de Math. spéc.*, t. 4, 1885, p. 7; I. Schur, *Journ. f. d. reine u. angew. Math.*, t. 144, 1914, p. 75-78; T. Takagi, *Proceeding of the Phys. Math. Society of Japan*, 1921, p. 175-179; G. Szégö, *Math. Zeitsch.*, 1922, p. 28-25; A. Cohn, *Math. Zeitch.*, 1922, p. 110-148. Dans l'*Annuaire de l'Université de Sofia*, t. 19, 1922-1923, j'avais donné par une autre méthode d'autres extensions des théorèmes de Descartes et Fourier.

[2] E.-E. Fournier d'Albe, *Two New Worlds*, London, 1907.

C.-V.-L. Charlier [1], Helge Holst [2], W.-D. Mac Millan [3], E. Borel [4], A. Costa [5] et moi-même [6] et que j'ai appelée *hiérarchie moléculaire*, il n'y a certainement pas de centre au même sens que dans une distribution de matière à symétrie sphérique. L'existence d'un point central singulier ou d'un centre de gravité est cependant possible. Dans la construction de M. Borel, par exemple, le point O, O, O est le centre de gravité de l'univers. Je vais démontrer qu'un univers à hiérarchie moléculaire, sans centre de gravité ou sans région centrale, est possible.

Je dis qu'un univers à hiérarchie moléculaire possède un centre, ou une région centrale, quand une série de centres de gravité de systèmes, dont chacun est renfermé dans le suivant, conduit à un point de concentration, ou du moins reste confiné dans une région finie. Dans ce cas, naturellement, toutes les autres séries semblables conduisent au même point ou dans la même région. Si les points d'une telle série ne restent pas confinés dans une région finie, l'univers n'a pas de région centrale.

J'emploie un schéma d'octaèdres, ou dans le plan, les figures formées des cinq points de coordonnées rectangulaires (0,0), (1,0), (0,1), (—1,0), (0, — 1), que M. Fournier d'Albe a déjà employées pour l'illustration de l'univers à hiérarchie moléculaire. Nous construirons dans le plan une hiérarchie infinie de ces « quinconces » dans laquelle chaque système du $(n+1)^{\text{ième}}$ ordre est construit suivant ce schéma, à l'aide de cinq systèmes de $n^{\text{ième}}$ ordre. Pour plus de simplicité, nous supposons que tous les « quinconces » d'un ordre quelconque sont orientés parallèlement, et nous désignons leurs éléments par les chiffres 0, 1, 2, 3, 4, dans l'ordre où nous les avons énoncés tout à l'heure.

Chaque construction possible pour établir successivement un univers infini est symbolisée alors par une série infinie formée des chiffres 0, 1, 2, 3, 4, dans laquelle le $n^{\text{ième}}$ chiffre représente la place du « quinconce », déjà construit, de $n^{\text{ième}}$ ordre dans celui du $(n+1)^{\text{ième}}$ ordre. La

---

(1) C.-V.-L. Charlier, *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, vol. 4, n° 24, 1908, et vol. 16, n° 22, 1922.

(2) Helge Holst, *Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab* (*Math.-Fisiske Meddelelser*, II, 11, 1919).

(3) W.-D. Mac Millan, *Science*, N. S., vol. 52, n° 1334, 1920; *Scientia*, février 1922, et *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1044.

(4) E. Borel, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 977.

(5) A. Costa, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1190.

(6) F. Selety, *Annalen der Physik*, vol. 68, 1922, p. 281.

condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'un centre de gravité du système infini est que, dans cette série, à partir d'un point déterminé, il n'y ait que des zéros. Toutes les autres séries conduisent à un univers sans centre, par exemple 13 13 13... ou 1234 1234... [1]. Il est clair que, selon nos hypothèses, l'ensemble de constructions qui conduisent à un centre de l'univers est dénombrable, tandis que l'ensemble de celles qui ne conduisent pas à un centre a la puissance du continu.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Synthèse de la gravifique.* Note [2] de M. **Th. De Donder**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Considérons le multiplicateur [3] $\mathfrak{M}_1$; celui-ci ne dépend que des $g^{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées successives. Posons :

$$\mathfrak{M}_1 \equiv \mathfrak{I}_1 \sqrt{-g},$$

où $\mathfrak{I}_1$ représente un invariant et $\sqrt{-g}$ un multiplicateur.

Grâce à la théorie des groupes continus infinis de Lie [4], on trouve qu'il n'y a pas d'invariant d'ordre [5] zéro ou d'ordre un; qu'il y a 14 invariants du second ordre, etc. L'invariant le plus général est une fonction arbitraire de tous ces invariants.

Des 14 invariants, choisissons l'invariant de courbure de Gauss. On prendra donc la première approximation,

$$\mathfrak{M}_1 \equiv (a + bC)\sqrt{-g},$$

où a et b sont des constantes universelles.

2. Étudions le *champ électromagnétique, au point de vue microscopique* et posons :

$$\mathfrak{M}_2 \equiv \frac{\sqrt{-g}}{4} \sum_\alpha \sum_\beta F^{\alpha\beta} F_{\alpha\beta},$$

---

[1] Tout le plan ou tout l'espace est recouvert par ces constructions; par contre, la moitié seulement l'est par 12 12 12... et un quart par 1 1 1 1....

[2] Séance du 2 juillet 1923.

[3] Pour les notations, voir notre première Note dans les *Comptes rendus* du 11 juin 1923, p. 1700.

[4] Ch. Haskins, *On the invariants of differential forms* (*Amer. M. S. Trans.*, vol. 1 et 4).

[5] L'ordre de l'invariant est donné par l'ordre supérieur des dérivées des $g^{\alpha\beta}$ que renferme cet invariant.

et

$$\mathfrak{M}_3 \equiv \sigma W_e \sum_\alpha \varphi_\alpha u_e^\alpha,$$

où

$$(1)\quad \begin{cases} F_{ab} \equiv \dfrac{\partial \Phi_a}{\partial x_b} - \dfrac{\partial \Phi_b}{\partial x_a}, \qquad F^{ab} \equiv \sum_\alpha \sum_\beta g^{a\alpha} g^{b\beta} F_{\alpha\beta}, \\ W_e \equiv \sqrt{\sum_a \sum_b g_{ab} u_e^a u_e^b} = 1. \end{cases}$$

Les Φ_a $(a = 1, \ldots, 4)$ représentent les composantes covariantes du potentiel électromagnétique généralisé; les u_e^a sont les composantes contravariantes de la vitesse généralisée de l'électricité; σ est la densité généralisée de l'électricité.

Nous avons introduit (1) dans $\mathfrak{M}_3$ la fonction W_e pour éviter la contradiction qui, sinon, se présente dans la théorie (2).

Substituons ces valeurs de $\mathfrak{M}_2$ et de $\mathfrak{M}_3$ dans (II) et (III) de notre première Note, et nous aurons les dix équations généralisées d'Einstein (3) et les quatre équations généralisées de Maxwell (4). On aura, en outre, en vertu de (1), les quatre équations

$$(2)\qquad \frac{\partial F_{ab}}{\partial x_c} + \frac{\partial F_{bc}}{\partial x_a} + \frac{\partial F_{ca}}{\partial x_b} = 0,$$

qui sont aussi dues à Maxwell.

Le théorème du tenseur $\mathfrak{T}_{\alpha\beta}$ s'établira comme nous l'avons expliqué à la fin de notre première Note (5).

3. Étudions *le champ électromagnétique au point de vue macroscopique.* Introduisons le tenseur asymétrique p_a^b servant à généraliser les constantes diélectrique et magnétique, et le tenseur asymétrique q^b servant à généraliser la conductance.

---

(1) TH. DE DONDER, *Comptes rendus*, séance du 8 mai 1922.

(2) Voir, par exemple, l'équation (266) de ma *Gravifique einsteinienne* (Gauthier-Villars, 1921).

(3) Voir l'équation (6), Complément I, des *Premiers Compléments* de la « Gravifique einsteinienne » (Gauthier-Villars, 1922).

Dans ces équations, on aura soin de remplacer $-\dfrac{\mathfrak{C}\sigma}{2}$ par $+\mathfrak{C}\sigma$.

(4) Voir l'équation (15) du Complément I des *Premiers Compléments.*

(5) Voir l'équation (12) du Complément I des *Premiers Compléments.*

Posons

$$\overline{F_{ab}} \equiv \sum_\alpha p_b^\alpha F_{a\alpha}, \qquad \overline{F_a} \equiv \sum_\alpha \overline{F_{a\alpha}} u^\alpha,$$

$$\hat{F}_{ab} \equiv \sum_\alpha q_b^\alpha F_{a\alpha}, \qquad \hat{F}_a \equiv \sum_\alpha \hat{F}_{a\alpha} u^\alpha,$$

ainsi que

$$\overline{F^{ab}} \equiv \sum_\alpha \sum_\beta g^{a\alpha} g^{\beta b} \overline{F_{\alpha\beta}} \quad \text{et} \quad \hat{F}^{ab} \equiv \sum_\alpha \sum_\beta g^{\alpha a} g^{\beta b} \hat{F}_{\alpha\beta},$$

où les u^α sont les composantes de la vitesse du système massique entraîné.

Posons aussi

$$\overline{F}^a \equiv \sum_\alpha \overline{F}^{a\alpha} u_\alpha \quad \text{et} \quad \hat{F}^a \equiv \sum_\alpha \hat{F}^{a\alpha} u_\alpha.$$

Prenons ici

$$\mathfrak{M}_2 \equiv \frac{\sqrt{-g}}{4} \sum_\alpha \sum_\beta \overline{F}^{\alpha\beta} \overline{F}_{\alpha\beta},$$

$$\mathfrak{M}_3 \equiv \left(\sigma u_e^\alpha W_e + \hat{F}^\alpha \sqrt{-g}\right) \Phi_\alpha.$$

Dans $\mathfrak{M}_3$ figure l'effet dû aux électrons libres dans les conducteurs entraînés, et celui des électrons libres dans le vide.

Pour tenir compte de l'effet des électrons liés de polarisation dans les diélectriques, nous introduisons la fonction

$$\mathfrak{M}_4 \equiv \frac{\sqrt{-g}}{4} \sum_\alpha \left(\overline{F}^a \overline{F}_a - F^a F_a\right).$$

En substituant dans les équations (II) et (III), nous obtiendrons les dix équations généralisées d'Einstein et les quatre équations généralisées de Maxwell. Dans celles-ci on aperçoit la généralisation du tenseur de polarisation et du courant de conduction dus à Einstein [1].

Ici, les courants de polarisation électrique sont définis par

$$P^\alpha \equiv \sum_a u^a \sum_b g^{\alpha b} F_{ba} \quad \text{et} \quad \overline{P}^\alpha \equiv \sum_a u^a \sum_b x^{\alpha b} \overline{F}_{ba}.$$

Dans notre généralisation, nous n'avons pas tenu compte du magnétisme permanent ni des effets thermiques.

---

(1) A. EINSTEIN, *Sitz. Berichte k. Ak. der Wiss.*, 1914, p. 1064 à 1066. Voir aussi les belles recherches de A.-D. FOKKER, *Verslag k. Ak. Wetenschappen*, Amsterdam, 27 mars 1920, et de G. NORDSTRÖM, *Societas Scientiarum Fennica*, Helsingfors, t. 1, 1923, p. 33.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les solutions aqueuses*. Note de MM. **André Kling** et **Arnold Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Une Note récente de M. H.-E. Armstrong (¹) relative à la constitution chimique des solutions aqueuses, nous incite à publier, dès à présent, l'ébauche d'une théorie que nous comptons faire figurer dans notre *Revue annuelle de Chimie analytique*, actuellement en cours d'impression (²), à l'occasion d'un exposé détaillé que nous y ferons de la méthode dite : mesure de concentration des ions H. Notre hypothèse présente en effet des points de contact si étroits avec celle de notre collègue anglais que nous avons tenu à les mettre en parallèle l'une et l'autre dans le présent Recueil.

En ce qui nous concerne, nous considérons l'eau liquide comme formée d'un mélange de molécules monomériques H^2O et de molécules polymérisées $(H^2O)^2 - (H^2O)^n$, et nous proposons d'attribuer à la molécule monomérique le nom d'*hydrol* (Hydrone de M. Armstrong).

A chaque température, et pour chaque pression, il existe une relation entre les proportions d'hydrol et des divers polymères en présence. L'élévation de température accroît la proportion des molécules simples. Comme on sait que la conductibilité de l'eau croît avec la température, on est en droit de supposer que c'est l'hydrol qui est conducteur, les molécules polymérisées ne l'étant pas.

L'atome d'oxygène, comme ceux de soufre, de phosphore, d'azote est susceptible de polyvalence (O^{II} et O^{IV}); de ce fait découle, pour les composés oxygénés, l'aptitude à la tautomérisation et il est logique d'admettre qu'au même titre que l'aldéhyde existe sous les deux formes

$$CH^3-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow H\end{matrix} \quad \text{et} \quad CH^2=CH(OH),$$

l'acétone sous les formes $CH^3 - CO - CH^3$ et $CH^3 - CHOH = CH^2$, etc.; l'eau peut exister sous les deux constitutions suivantes: $H^2 = O$ et $H - OH$. Par analogie avec K^2O, la première serait basique et par analogie avec $R - OH$, la seconde serait acide; la molécule polymérisée $(H^2O)^2$ serait alors le produit neutre de la combinaison de $H^2 = O$ et de $H - OH$.

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1892.

(²) *Revue annuelle de Chimie analytique*, publiée dans *Chimie et Industrie*, datée du 20 mai 1923.

Entre les hydrols et leurs divers polymères s'établirait un état d'équilibre défini, par exemple $\underset{c}{(H^2O)^2} \rightleftharpoons \underset{a}{H - OH} + \underset{b}{H^2 = O}$, d'où

$$\frac{C_a \times C_b}{C_c} = K_0$$

et comme C_c peut être considéré comme sensiblement constant par rapport à C_a et C_b, il vient

$$C_a \times C_b = K_1$$

pour l'eau pure, qui est neutre, $C_a = C_b$; à la température de 18°, la valeur de C_a ou celle de C_b, qui lui est égale, est précisément celle qui, dans la théorie des ions, définit la concentration des ions $\overset{+}{H}$ et $\overset{-}{OH}$, c'est-à-dire 10^{-7} molécule-gramme par litre.

Lorsqu'à une masse d'eau on ajoute un acide, celui-ci se combine à une quantité équivalente de $H^2 = O$ pour donner une combinaison hydrolytique saline, d'où rupture d'équilibre et enrichissement de la masse d'eau en molécules d'hydrols $H - OH$. Dans le cas d'addition d'une base, un mécanisme analogue détermine la libération d'hydrol basique $H^2 = O$.

Enfin, lors de l'addition d'un sel, celui-ci se scinde en acide et base [1] et fournit la réaction

$$AB + (H^2O)^2 = A(H^2 = O) + B(H - OH).$$

Si l'acide et la base sont de force équivalentes, ils fixeront chacun un même nombre de molécules d'hydrol, sous ses deux formes et, la proportion des deux desmotropes ne variant pas, le milieu restera neutre. Si, au contraire, l'acide et la base sont de forces différentes, ils fixeront respectivement des proportions différentes des deux formes de l'hydrol, et le milieu ayant modifié son état d'équilibre primitif, deviendra acide ou basique, suivant la prédominance de l'une ou de l'autre des deux formes $H^2 = O$ et $H - OH$.

La « concentration des ions H » des ionistes se ramène donc, dans

---

[1] L'objection à cette manière de voir, basée sur l'argument d'après lequel la scission d'un sel en acide et en base ne se produirait pas, sous prétexte que la plupart des oxydes basiques et nombre d'oxydes acides sont insolubles dans l'eau ne nous paraît pas fondée, attendu que les oxydes envisagés par nous sont les oxydes monomériques $(XO)^1$ et non les produits polymérisés $(XO)^n$ que nous isolons par précipitation; de l'insolubilité de ces derniers nous n'avons pas le droit d'induire à l'insolubilité des premiers.

l'esprit de notre théorie, à une « concentration en molécules hydrol acide ». Entre une électrode d'un hydrure de platine défini, et une solution d'hydrol acide, dans laquelle elle plonge, il s'établit une différence de potentiel fonction de la concentration de ladite solution en hydrol : d'où le principe de la méthode électrométrique de la mesure de cette concentration définie par son P_H.

De même, tel ou tel indicateur coloré ne peut entrer en équilibre avec sa forme tautomérique qu'autant que la concentration en hydrol acide ou basique du milieu dans lequel il se trouve en dissolution a atteint une valeur minima définie pour chaque indicateur, propriété sur laquelle repose la méthode de mesure des concentrations en hydrol, ou P_H, par les indicateurs colorés.

Reposant exclusivement sur des bases chimiques, la théorie ci-dessus ébauchée est adaptée à la tournure d'esprit des chimistes, elle représente donc pour ceux-ci un instrument de travail plus commode que ceux qui, tel la théorie des ions, font intervenir seulement des entités abstraites, étrangères aux concepts familiers à ceux à l'usage desquels sont édifiées ces théories.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'orthophénylcyclohexanol et la bromhydrine du cyclohexane-diol-*1.2. Note de M. **Pierre Bedos**, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Communications précédentes (1), nous avons montré, en collaboration avec M. Godchot, que l'action des organomagnésiens sur l'oxyde de cyclohexène et sur l'oxyde du Δ_3-méthylcyclohexène donnait naissance à des composés homologues ortho-substitués du cyclohexanol et que ces derniers se trouvaient être des stéréo-isomères des alcools secondaires obtenus par hydrogénation catalytique des phénols correspondants. La présente Note a pour but d'indiquer les résultats obtenus dans l'action du bromure de phénylmagnésium sur l'oxyde de cyclohexène.

Orthophénylcyclohexanol. — En suivant la technique précédemment indiquée, et par le même processus, nous avons pu obtenir, en faisant réagir le bromure de phénylmagnésium sur l'oxyde de cyclohexène, et avec un

(1) *Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 461, et t. **175**, 1922, p. 1411.

assez bon rendement, une orthophénylcyclohexanol :

$$\begin{array}{c} H^2C \quad CH^2 \\ H^2C\langle\quad\rangle CH\searrow \\ H^2C \quad CH - \nearrow \end{array} O \rightarrow \begin{array}{c} H^2C \quad CH^2 \\ H^2C\langle\quad\rangle CH\searrow \\ H^2C \quad CH - \nearrow \end{array} O \begin{array}{l} \nearrow C^6H^5 \\ \searrow MgBr \end{array}$$

$$\rightarrow \begin{array}{c} H^2C \quad CH^2 \\ H^2C\langle\quad\rangle CH - C^6H^5 \\ H^2C \quad CH - O - MgBr \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} H^2C \quad CH^2 \\ H^2C\langle\quad\rangle CH - C^6H^5 \\ H^2C \quad CH - OH \end{array}$$

Cet alcool se présente sous la forme d'un liquide incolore, bouillant vers 138°-140° sous une pression de 11^{mm}; sa densité à 16° est égale à 1,035 et son indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température est égal à 1,5415 (RM trouvée = 53,37, calculée pour $C^{12}H^{16}O = 53,47$); sa phényluréthane est cristallisée et fusible vers 135°-136° et son phtalate acide est constitué par des prismes, fusibles vers 185°-186°.

Distillé sur le bisulfate de potasse, cet alcool fournit un phénylcyclohexène $C^6H^9 - C^6H^5$, $E_{17} = 125°\text{-}126°$, $D_{14}^{14} = 0,982$, $n_D^{14} = 1,5505$ (RM trouvée = 51,25, calculée pour $C^{12}H^{14} = 51,554$).

Outre le phénylcyclohexanol ainsi obtenu, nous avons pu également isoler, comme produit secondaire de la réaction ci-dessus, un liquide bouillant à 65° sous une pression de 7^{mm}, $D_{26}^{26} = 1,0$, $n_D^{26} = 1,499$ (RM trouvée = 28,82; calculée pour $C^6H^{10}O = 28,75$) répondant à la formule $C^6H^{10}O$; ce produit nous a fourni une phényluréthane fusible vers 107°-108°, identique à celle obtenue par M. Brunel [1], en faisant réagir l'isocyanate de phényle sur un cyclohexénol entrevu par lui dans d'autres circonstances. Nous reviendrons plus tard sur la formation et la constitution de ce cyclohexénol.

Récemment, MM. Braun, Gruber et Kirschbaum [2], en hydrogénant par catalyse l'orthooxydiphényle $C^6H^4\begin{array}{l}\nearrow OH \ (1) \\ \searrow C^6H^5 \ (2)\end{array}$, ont obtenu un phénylcyclohexanol, solide, fusible à 54°-55° et dont la phényluréthane fond à 138°-139°. Il y a donc lieu de supposer que le produit obtenu par nous, qui est un liquide, et est resté liquide, malgré toutes les tentatives que nous avons faites pour l'amener à cristallisation, constitue un stéréo-isomère de celui signalé par les chimistes allemands. Il nous a été possible du reste, par une autre voie, de reproduire le composé solide en réduisant par l'alcool

(1) Brunel, *Thèse de doctorat*, Paris, 1905.

(2) *Ber. D. ch. Ges.*, t. 55, décembre 1922, p. 3664-3674.

absolu et le sodium l'orthophénylcyclohexanone décrite par M. Le Brazidec [1]; ce traitement nous a fourni l'orthophénylcyclohexanol, fusible à 54°-55°.

En résumé, ce résultat semble démontrer l'existence de deux phénylcyclohexanols stéréo-isomères, l'un liquide obtenu par action du bromure de phénylmagnésium sur l'oxyde de cyclohexène, et l'autre solide obtenu ainsi qu'il est dit plus haut.

Ce résultat est en accord avec la théorie qui prévoit pour ce corps l'existence possible de composés cis et cis-trans.

Bromhydrine du cyclohexane-diol-1.2 :

$$\begin{array}{c} H^2C \text{———} CH-OH \\ H^2C\langle \quad\quad \rangle CH-Br. \\ H^2C \text{———} CH^2 \end{array}$$

Lors de l'obtention du phénylcyclohexanol, nous avons d'autre part essayé l'action de l'eau sur l'organomagnésien en évitant ainsi de déclencher la transposition moléculaire déjà citée; cette réaction très violente donne naissance, comme l'a déjà signalé M. Blaise [2] dans le cas de l'oxyde d'éthylène, à la bromhydrine correspondante.

La bromhydrine du cyclohexane-diol-1.2, non décrite jusqu'ici, constitue un liquide incolore huileux qui distille vers 87°-88°, sous une pression de 9^{mm}, sans décomposition apparente ($D_{12}^{12} = 1,402$, $n_D^{12} = 1,528$); sous l'influence de la lumière, elle devient rapidement rougeâtre, indice d'une certaine altération qui a pu causer de très légères erreurs dans la mesure de ses constantes physiques. La phényluréthane qui paraît stable se présente sous forme de beaux prismes, parfois légèrement colorés en rose, fusibles vers 87°-88°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la prise du plâtre.* Note de MM. **Pierre Jolibois et Chassevent**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Afin de préciser les conditions dans lesquelles se fait la prise du plâtre, nous avons étudié en fonction du temps la composition du liquide dans un système composé d'une petite quantité de plâtre de l'ordre de 1^g préparé dans des conditions déterminées et d'une masse d'eau d'environ 50^{cm^3}, suffi-

(1) *Bul. Soc. chim.*, t. **17**, 1915, p. 104.

(2) *Comptes rendus*, t. **134**, 1902, p. 551.

sante pour empêcher la solidification. Nous avons constaté qu'il était très important d'agiter énergiquement le liquide et cela d'une manière aussi constante que possible d'une expérience à l'autre.

La méthode que nous avons adoptée pour doser le sulfate dissous consiste à mesurer la conductibilité électrique de la solution et à la comparer au moyen d'une courbe à celle de solutions titrées préparées à l'avance.

Avec le sulfate anhydre cuit à basse température nous avons pu constater l'existence d'une solution relativement concentrée en SO^4Ca, sursaturée par rapport à $SO^4Ca.2H^2O$. Ce phénomène signalé par Marignac [1] a été étudié complètement par M. H. Le Chatelier [2] et lui a servi de point de départ pour expliquer la prise du plâtre par une cristallisation de cette solution sursaturée.

A la température de 30° le sulfate de chaux cuit à 300° et au-dessous donne une solution sursaturée renfermant $7^g,3$ de sel anhydre par litre, alors que la solution saturée du sel hydraté renferme $2^g,1$ par litre.

La solution atteint en 10 minutes environ sa sursaturation limite. Elle reste dans cet état d'autant moins longtemps que le sulfate en contact avec elle a été cuit à plus basse température, comme si une élévation de la température de cuisson détruisait le pouvoir qu'a le solide en excès de faire cesser la sursaturation.

Lorsque la cuisson a lieu au delà de 300° la solubilité maxima du plâtre devient fonction de la température à laquelle il a été préalablement porté. Ces résultats sont résumés dans le Tableau suivant :

Solubilité maxima du plâtre anhydre en fonction de la température de cuisson.

Température de cuisson.	Maximum atteint après.	Maximum atteint durant	Solubilité maxima en grammes par litre.
°	min	min	
150	5	10	7,3
160	3	11	7,3
200	5	15	7,3
300	12	15	7,3
313	50	50	5,2
350	90	240	3,6
400	120	1960	3,15
600	240	2400	3,00
700	480	4500	2,8
1000	3000	>18900	2,8
anhydrite naturelle		au bout de 24 jours	0,09

(1) Marignac, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 1, 1874, p. 274.

(2) H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 96, 1883, p. 215.

Nous avons également étudié, comparativement avec celle du sulfate anhydre, la solubilité du semi-hydrate préparé dans les conditions que nous avons précédemment définies.

Nous avons constaté que la solution sursaturée avait une teneur semblable, que l'on parte du sulfate anhydre préparé au-dessous de 300° ou du semi-hydrate préparé à 140° dans la vapeur d'eau :

Température de la solution.	Solubilités maxima du plâtre anhydre préparé à 145° (grammes par litre).	Solubilités maxima du semi-hydrate préparé à 140° (grammes par litre).
20°	8,9	8,75
30	7,3	7,15
40	6,7	6,65

Ces nombres montrent que les deux phénomènes donnent lieu sensiblement à la même sursaturation.

Nous avons donc pensé que dans le cas du sulfate anhydre le phénomène de la prise se produisait en trois temps :

1° Formation du semi-hydrate solide;

2° Dissolution du semi-hydrate formé;

3° Cristallisation du gypse.

Pour le démontrer, nous avons cherché à annuler sensiblement par l'addition d'alcool à l'eau le second de ces phénomènes tout en ralentissant le premier. Nous avons en effet constaté qu'au bout de 24 heures le sulfate SO^4Ca est entièrement transformé en $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ dans l'alcool à 90°. C'est seulement quand le titre de l'alcool est inférieur à 70° que le gypse commence à apparaître dans ces conditions.

Nous avons obtenu un résultat encore plus net au moyen d'expériences calorimétriques exécutées sur le sulfate anhydre et sur le semi-hydrate. En mélangeant dans un vase de Dewar 10^g de produit avec 100^g d'eau, nous avons constaté dans les 40 premières secondes une montée du thermomètre de $\frac{40}{100}$ de degré dans le cas du semi-hydrate et de $\frac{195}{100}$ dans le cas du sel anhydre. Or, comme les solutions ont le même titre en SO^4Ca, on est forcé d'admettre que la chaleur supplémentaire constatée dans le cas de SO^4Ca anhydre est due à la formation du semi-hydrate solide.

Ces expériences nous ont permis également de constater en suivant les dégagements de chaleur que la cristallisation de la solution formée à partir du semi-hydrate commence lentement au bout de 1 minute pour être entièrement terminée au bout de 16 minutes; au contraire, la

solution obtenue à partir du sulfate anhydre cristallise brusquement au bout de 14 minutes, cette cristallisation étant terminée au bout de 25 minutes. Il nous semble donc probable que, malgré les précautions prises, il est très difficile de préparer du semi-hydrate exempt de germes pouvant amener une cristallisation de $SO^4Ca.2H^2O$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la perméabilité du nickel à l'hydrogène.* Note de M. **Victor Lombard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La perméabilité des métaux aux gaz n'a été jusqu'ici l'objet que d'un petit nombre de déterminations quantitatives. Dans nos essais, le métal étudié est employé sous la forme d'un disque de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, intercalé entre deux tubes d'acier, placés dans le prolongement l'un de l'autre. Un écrou de serrage permet de rapprocher énergiquement les deux tubes, au point de déformer légèrement, par écrasement, deux rondelles de cuivre de 3^{mm} d'épaisseur placées de part et d'autre du disque métallique pour faire joint. Après serrage, le diamètre intérieur des rondelles est ramené de 10^{mm} à $9^{mm},7$. La surface utile de nos disques métalliques est donc un cercle de $9^{mm},7$ de diamètre.

Le disque, mis en place, constitue, après serrage, une cloison étanche entre les deux tubes d'acier. L'étanchéité s'améliore encore à chaud, le coefficient de dilatation du cuivre étant plus grand que celui de l'acier.

Par leur extrémité libre, les deux tubes sont reliés, l'un avec un réservoir de 10 litres de capacité, contenant le gaz étudié, l'autre avec l'aspiration d'une trompe à chute de mercure. Un manomètre indique la pression dans le réservoir (pression d'écoulement); une jauge de Mac Léod indique le degré de vide du côté de la trompe.

La partie centrale est chauffée dans un four électrique. Un couple Pt-Pt.Rd relié à un millivoltmètre enregistreur fait connaître la température de la lame étudiée. Les gaz qui ont traversé la lame sont recueillis sur la cuve de la trompe à chute.

Dans les deux Tableaux suivants, nous indiquons les résultats que nous avons obtenus dans deux séries de mesures, avec deux lames de nickel, de même origine, ayant subi des traitements analogues (laminage sans recuit). Le gaz employé était l'hydrogène.

Pour chaque lame nous avons fait varier successivement la température et la pression, l'autre facteur étant maintenu aussi constant que possible.

Nos mesures nous permettent de calculer le nombre de centimètres cubes qui traverseraient en 1 heure une lame de l'unité de surface (centimètre carré) : c'est ce que nous appelons le débit [col. (6) des Tableaux I et II].

TABLEAU I.

Perméabilité du nickel à l'hydrogène en fonction de la température.

(1).	(2).	(3).	(4).	(5).	(6).
mm		o	cm³	h	
0,3........	780	458	3,05	14	27,8 .10^{-2}
»	778	475	3,65	14	33,5 .10^{-2}
»	774	514	3,5	6.30^{m}	67,2 .10^{-2}
»	774	567	5,13	5. 7	128,5 .10^{-2}
»	770	580	1,8	1.37	143 .10^{-2}
»	771	598	2,8	2.00	178 .10^{-2}
0,4........	773	370	0,29	7.30	4,83.10^{-2}
»	771	410	0,96	14.10	8,55.10^{-2}
»	770,5	427	0,82	9.30	10,7 .10^{-2}
»	772	458	1,22	9.22	16,8 .10^{-2}
»	772	480	2,17	14.33	19,1 .10^{-2}
»	772	545	1,18	3.18	45,8 .10^{-2}
»	773	625	1,86	2.20	103 .10^{-2}
»	772	648	5,8	6.23	117 .10^{-2}
»	773,5	693	1,5	1.00	195 .10^{-2}

Col. (1) : Épaisseur des lames de nickel. — (2) : Pressions d'écoulement en millimètres de mercure. — (3) : Température des lames en degrés centigrades. — (4) : Volume d'hydrogène en centimètres cubes recueillis aux température et pression du moment. — (5) : Temps mis à recueillir les volumes ci-contre. — (6) : Débits (volume d'hydrogène en centimètres cubes à 0° et 760^{mm} qui traverserait en 1 heure une surface de 1$^{cm^2}$).

TABLEAU II.

Perméabilité du nickel à l'hydrogène en fonction de la pression.

(1).	(2).	(3).	(4).	(5).	(6).
mm		o	cm³		
0,3........	775	584	»	»	152 .10^{-2}
»	513	584	13,9	12^{h}23^{m}	137,5 .10^{-2}
»	326	580	2,74	3.27	99,5 .10^{-2}
»	195	580	2,04	3. 9	78 .10^{-2}
»	97	598	1,65	3.00	70 .10^{-2}
»	48	592	0,86	2.14	48,5 .10^{-2}
»	23,7	593	1,47	6.37	28,4 .10^{-2}
»	11	578	0,83	7.44	14,6 .10^{-2}
0,4........	773	598	»	»	77 .10^{-2}
»	381,5	597	3,45	7. 9	61,6 .10^{-2}
»	194	600	0,64	2.00	41,3 .10^{-2}
»	96,2	592	0,68	2.39	31,6 .10^{-2}
»	46	600	0,52	2.43	21,8 .10^{-2}
»	25,5	604	0,79	6. 8	16,8 .10^{-2}

Les colonnes (1) à (6) ont la même signification que dans le Tableau I.

Au moyen de ces Tableaux nous avons construit les courbes des figures 1,

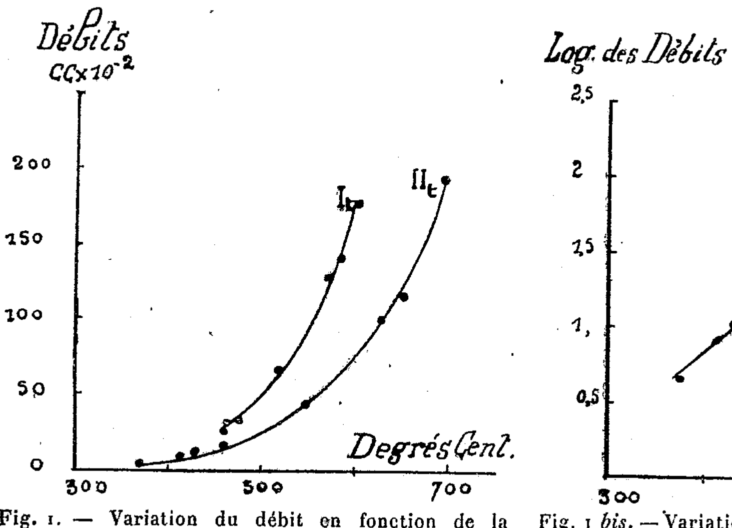


Fig. 1. — Variation du débit en fonction de la température, la pression étant maintenue au voisinage de 775mm de Hg.
Courbe I_t : lame de 0mm,3.
Courbe II_t : lame de 0mm,4.

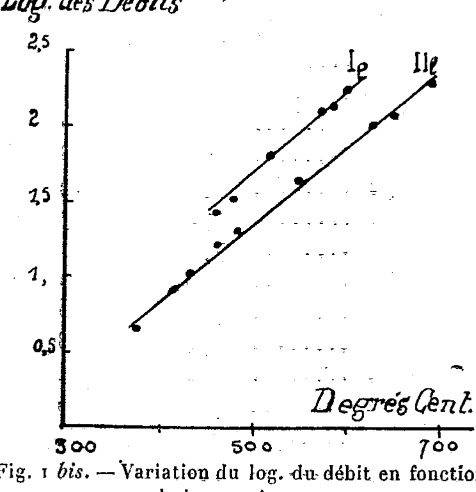


Fig. 1 *bis*. — Variation du log. du débit en fonction de la température.
Courbe I_e : lame de 0mm,3.
Courbe II_e : lame de 0mm,4.

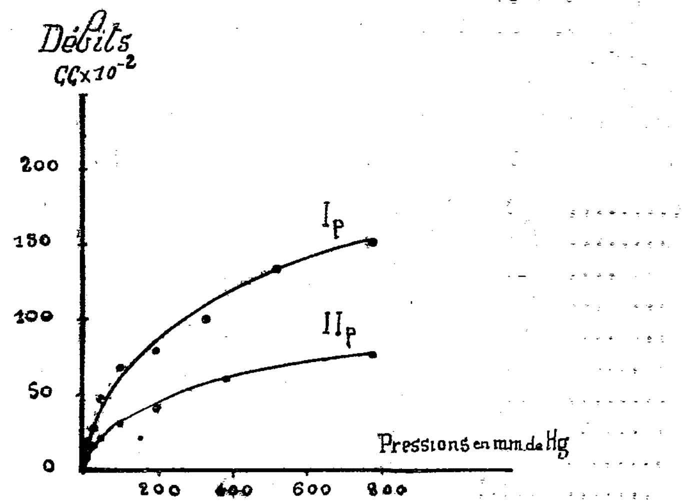


Fig. 2. — Variation du débit en fonction de la pression. La température étant maintenue au voisinage de 585° C. pour la courbe I_p (lame de 0mm,3) et de 600° C. pour la courbe II_p (lame de 0mm,4).

1 *bis* et 2 qui montrent : celles des deux premières, que le débit est une fonction exponentielle de la température de la forme $d = a^t$, et celles de la

figure 2, que le débit est proportionnel à la racine carrée de la pression, c'est-à-dire de la forme $d = K\sqrt{P}$.

Nous ne croyons pas devoir encore assigner de valeur aux coefficients a et K propres au nickel, le débit devant être également fonction de l'origine du métal et des traitements subis par lui, comme semblent nous l'indiquer des essais en cours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la sursaturation.* Note de M. **Roger-G. Boussu**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Comme suite à nos premières expériences sur la vitesse de cristallisation des solutions sursaturées en repos ([1]), nous avons étudié l'influence des deux facteurs : *Agitation* et *présence de germes*.

Agitation. — Un agitateur calé sur l'arbre d'un moteur électrique tournant à 2000 tours par minute brasse énergiquement la solution. Dans ces conditions, des expériences répétées donnent des résultats concordants. Le fait de donner le maximum d'effet à une variable dont l'action est importante tend à diminuer relativement les perturbations dues à celles dont on n'est pas le maître. On rend ainsi les expériences comparables.

Une première série de mesures a porté sur des solutions de bitartrate de potasse de concentration différente. Le volume de solution était de 300^{cm^3} et la température 15° :

Temps (en secondes).	Poids cristallisé gr.	%	Temps (en secondes).	Poids cristallisé gr.	%
30.....	0,277	8,02	60.....	0,248	9,01
60.....	0,597	17,34	90.....	0,419	15,24
90.....	1,764	50,87	120.....	1,239	45,02
120.....	2,844	82,08	150.....	1,656	60,10
180.....	3,284	94,80	180.....	2,206	80,10
240.....	3,373	97,50	210.....	2,447	88,82
300.....	3,450	99,71	330.....	2,611	94,77
600.....	3,460	100	600.....	2,754	100

Quoique plus rapide, le phénomène présente la même allure que pour des solutions en repos : au début, région d'apparition des cristaux, montée rapide, le centre de courbure se trouvant vers les ordonnées positives, puis

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 93.

portion asymptotique correspondant à l'unique grossissement de ces cristaux; le centre de courbure est alors placé vers les ordonnées négatives.

Voici des expériences faites sur la précipitation du sulfate de chaux avec l'appareil à chute libre décrit précédemment. Le volume de liqueur recueilli était de 55cm³ et la température de 17°.

Sulfate de chaux.

Temps (en $\frac{1}{100}$ de sec.).	Poids précipité.	%
	g	
6	6,42	45,56
10	9,89	70,19
17	12,16	86,30
25	12,66	89,81
55	13,82	98,01
80	14,10	100

Les courbes présentent la même forme caractéristique, le phénomène étant seulement beaucoup plus rapide. L'oxalate de chaux donne une courbe comparable. Dans ces différents cas de sursaturation le retour à l'équilibre se fait donc suivant le même processus.

Germes. — L'addition de germes cristallins appropriés à une solution sursaturée peut, on le sait, déclancher sa cristallisation; il était intéressant d'étudier quantitativement le phénomène. Ces essais furent faits sur le bitartrate de potasse. Des germes, tous comparables (passant au tamis 120), étaient placés en quantités croissantes dans une série de solutions sursaturées identiques et fortement agitées. Nous nous sommes arrangés de façon à mettre en suspension ces germes au moment même du mélange acide tartrique-potasse. Les cristallisations étaient arrêtées au bout du même temps en projetant le mélange dans la liqueur d'arrêt; une filtration et une pesée permettaient de déterminer le degré d'avancement du phénomène. Nous donnons, pour deux sursaturations différentes, la vitesse de cristallisation, en fonction de la quantité de germes. Les poids de la colonne vitesse ont été déposés en 45 secondes dans un volume de solution de 300cm³.

Germes.	Vitesse.	Germes.	Vitesse.
g		g	
0,005	0,23	0,0035	0,26
0,015	0,68	0,020	1,50
0,045	1,30	0,090	2,61
0,145	1,83	0,140	2,82
1,045	2,09	0,200	2,86
		0,2515	3,01
		0,400	3,11

Il est intéressant de remarquer que cette augmentation de vitesse est due presque uniquement à l'apparition de nouveaux germes au sein de la solution et non pas au grossissement des germes qu'on y avait placés. L'étude des courbes montre, pour le début, qu'à une légère augmentation du nombre des germes apportés correspond un très grand accroissement de la vitesse de cristallisation, mais que le nombre de germes continuant à augmenter, cette action accélératrice devient de plus en plus faible. Ces résultats expliquent l'allure des courbes de cristallisation et de précipitation que nous obtenons; en effet, dans une cristallisation en cours, à chaque instant, la quantité de cristaux formés varie, ces cristaux fonctionnent comme les germes que nous placions dans l'expérience décrite ci-dessus, ils augmentent la vitesse de cristallisation par formation de nouveaux cristaux communiquant ainsi au système une plus grande vitesse : on voit donc que le phénomène s'accélère de lui-même; mais le nombre de cristaux augmentant toujours, l'action accélératrice devient de plus en plus faible et la vitesse décroît : on se trouve alors dans la portion asymptotique de la courbe.

Une étude semblable, faite cette fois avec des germes non isomorphes, des impuretés (verre, charbon de cornue, sable, pulvérisés et passés au tamis 120) nous a donné les résultats suivants :

Verre pulvérisé.		Charbon de cornue.	
Germes.	Vitesse.	Germes.	Vitesse.
g		g	
0,000	0,23	0,000	0,101
0,0047	0,33	0,0013	0,108
0,095	0,40	0,0105	0,113
0,147	0,67	0,050	0,116
0,250	0,93	0,2005	0,125
0,405	1,41		

Le sable donne des chiffres légèrement plus élevés. Au microscope, nous avons vu que les impuretés n'étaient pas enrobées pour la plupart; elles fonctionnent donc comme les germes de bitartrate de potasse en facilitant la formation de nouveaux germes, l'action étant seulement moins marquée. Ces résultats donnent une très grande importance aux impuretés qui se trouvent toujours dans les solutions sursaturées en nombre plus ou moins élevé, engendrant ainsi des vitesses de cristallisation légèrement différentes, ces écarts s'accentuant par la suite du fait de l'auto-accélération de la réaction au fur et à mesure de l'apparition des germes; il faudrait voir là l'explication des variations que l'on observe souvent en étudiant le phénomène de sursaturation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation du graphite par le mélange de bichromate d'argent et d'acide sulfurique.* Note de M. **L.-J. Simon**.

L'application au graphite de la technique d'oxydation sulfochromique dont je poursuis l'étude a conduit aux résultats suivants :

I. Un échantillon de graphite du Canada exceptionnellement pur, pour lequel l'analyse organique habituelle a fourni la valeur 99,9 pour 100 en carbone, a été soumis dans les conditions indiquées précédemment à l'action du bichromate d'argent (¹) mélangé à l'acide sulfurique concentré :

					C pour 100.
0^g,0928	ont fourni	188$^{cm^3}$	de gaz sous	750^{mm} à 15°,5	102
0,0948	»	194	»	751 à 16	102,7
0,0953	»	192	»	756 à 17	101,3
0,0914	»	182,5	»	764 à 17,5	101,3
0,0898	»	181,5	»	760 à 18	102
0,0824	»	167	»	754 à 18	101,7

Les valeurs trouvées, oscillant autour de la valeur moyenne 102 pour 100, présentent un excès systématique que la méthode ne comporte pas. Il est vraisemblablement dû à la présence d'une petite quantité d'hydrogène occlus qui, échappant à l'action oxydante du milieu, irait se joindre aux produits gazeux de la combustion. On sait, en effet, que tous les graphites naturels renferment ce gaz (²) et il en suffirait de 0,25 à 0,30 pour 100 pour rendre les résultats acceptables. En tout cas, les valeurs trouvées avec des échantillons portés préalablement à haute température sont :

					C pour 100.
0^g,0305	ont fourni	60$^{cm^3}$,5	de gaz sous	758^{mm} à 16°	100,5
0,0719	»	141	»	764 à 18,5	99,6
0,0763	»	150	»	768 à 20	99,8
0,0871	»	170,5	»	763 à 16	100,1

Le graphite est donc complètement oxydé (ou plus exactement gazéifié) en une demi-heure environ à une température qui ne dépasse pas 100°, par le mélange d'acide sulfurique concentré et de bichromate d'argent.

II. Avec le mélange d'acide sulfurique concentré et d'anhydride chromique il en est autrement :

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1409.

(²) Moissan, *Le four électrique*, p. 103.

g		cm³		mm		°	C pour 100.
0,109	ont fourni	155,5	sous	758	à	14,5	72,7
0,095	»	136,5	»	762	à	17,5	72,9
0,1043	»	150,0	»	761	à	18	72,8
0,0937	»	134,5	»	763	à	18	73,2
0,1007	»	146	»	755	à	16,5	73,2
0,1004	»	144	»	764	à	16,5	73,25

L'oxydation est donc ici incomplète et la fraction dissimulée est remarquablement constante. Il s'agit, bien entendu, de la technique particulière que j'emploie, c'est-à-dire dans des conditions de température et de durée imposées. D'autres chimistes ont déjà étudié l'oxydation sulfochromique du graphite. Récemment M. Florentin [1] a montré que, dans les conditions où il opère la gazéification est totale. Il a en outre confirmé l'observation antérieure de Widmer [2] que le produit prépondérant était toujours CO^2, mais que ce gaz était constamment accompagné de quantités de CO variables de 0,6 à 7,7 pour 100 suivant la concentration de l'acide sulfurique employé. Dans nos expériences l'oxyde de carbone disparaît presque entièrement à tel point qu'il a paru nécessaire de contrôler sa présence et sa teneur par une méthode différente de celle qu'avaient employé Florentin et Widmer : la méthode colorimétrique à l'anhydride iodique a montré que 0,16 pour 100 de carbone se trouvaient à l'état de CO, la première méthode à l'oxyde de cuivre ayant donné 0,19 pour 100.

Dans le cas de mélange de bichromate d'argent et d'acide sulfurique la même recherche a été faite; elle a conduit à une valeur dix fois plus grande, 1,6 à 1,7 pour 100. Il y a lieu de faire observer que, comme nous mesurons des volumes gazeux, la présence de CO n'a aucun retentissement sur le résultat numérique puisque un volume de CO ou de CO^2 renferme à très peu près la même quantité de carbone.

III. L'étude précédente faite avec du graphite pur a été reprise avec d'autres échantillons de graphite de puretés diverses. La calcination a fourni, par le poids des cendres, une appréciation de la pureté de l'échantillon :

---

(1) Florentin, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1071.

(2) Widmer, *Zeitsch. f. anal. Chem.*, t. 29, 1890, p. 160.

	Cendres.	C pour 100 calculé.	C pour 100 trouvé par $Cr^2O^7Ag^2$.	C pour 100 trouvé par CrO^3.	Rapport.
G. artificiel du Niagara	1,3	98,7	98,9	61,7	0,62
G. schisteux du Canada.........	11,7	88,3	88,2	62,1	0,70
G. de Sibérie.................	12,3	87,7	88,1	65,8	0,74
G. de Madagascar..............	13,2	86,8	87,2	52,8	0,60
Plombagine....................	25,9	74,1	73,9	51,1	0,69
G. (échantillon du laboratoire)..	52,7	47,3	47	30,5	0,65
			Moyenne..........		0,66

IV. Le graphite est donc, quel que soit l'échantillon, complètement brûlé ou, plus exactement, gazéifié par le mélange de bichromate d'argent et d'acide sulfurique à la température de 100°. Ce résultat, assez inattendu, prend un intérêt pratique si on l'oppose à l'inertie relative que nous avons pu observer dans les mêmes circonstances pour un certain nombre d'autres variétés de charbons. Bien entendu le diamant est complètement inattaquable. Mais le charbon de bois, le coke, le charbon de sucre et aussi quelques combustibles naturels comme l'anthracite et le coke naturel ne montrent, dans notre technique, qu'un faible dégagement gazeux correspondant à quelques centièmes du carbone qu'ils renferment. Ainsi se trouve tracée par ce moyen une démarcation entre le graphite et ces variétés de carbone.

Il y a également lieu de souligner dès maintenant la constance relative de la fraction dissimulée dans l'oxydation par l'anhydride chromique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les éthers-sels cellulosiques solubles des acides gras supérieurs.* Note de MM. **H. Gault** et **P. Ehrmann**, présentée par M. A. Haller.

Cette Note et celles qui suivront ont pour but de résumer un ensemble de recherches sur les éthers-sels solubles que la cellulose et en général les hydrates de carbone, par exemple l'amidon, fournissent avec les acides gras supérieurs.

Ces recherches ont été poursuivies par l'un de nous depuis 1918 tant, à l'origine, dans les laboratoires de l'Institut Pasteur que plus récemment à l'Université de Strasbourg.

Les premiers essais effectués ont montré que, *tout au moins dans les con-*

ditions expérimentales observées jusqu'à présent, les celluloses non transformées donnent surtout naissance à des composés insolubles et nous rappelons ici que Grün et Wittka (¹) dont nous n'avons connu les travaux que fin juillet 1922 par le *Bulletin de la Société chimique de France*, n'ont obtenu eux-mêmes que des éthers insolubles dans les dissolvants habituels.

Dès la fin de 1921, nous avons au contraire reconnu qu'en substituant aux celluloses non modifiées des celluloses faiblement dégradées, la réaction classique d'éthérification par les chlorures d'acides en présence de pyridine, s'applique très facilement et avec de *très bons rendements*.

Les résultats positifs que nous avons enregistrés dans cette voie ont fait l'objet de divers plis cachetés à la Société chimique de France et à l'Académie des Sciences. Le premier, dont nous allons demander l'ouverture, a été déposé le 1er juillet 1922 à la séance annuelle de la Société chimique de la Section Strasbourg-Mulhouse et nous tenons à spécifier ce point parce que nous venons de découvrir dans un article paru sous le titre : *Zur Kenntnis der Korksubstanz* (*Helvetica chimica Acta*), une étude analogue, publiée, *en décembre* 1922, par MM. Karrer, Peyer et Zega, et où il n'est question d'ailleurs que d'un seul groupe des éthers que nous avons nous-mêmes obtenus.

Suivant les conditions dans lesquelles nous nous sommes placés et plus spécialement suivant les proportions relatives des composés en présence, nous obtenons comme produit essentiel de la réaction soit des monoéthers, soit des diéthers, soit des triéthers : *les diéthers et les triéthers, à l'exclusion des monoéthers, étant facilement solubles dans toute une série de dissolvants volatils*.

Le mode opératoire suivi pour leur préparation est fort simple et nous décrivons ici celui que nous avons pratiqué pour l'obtention des *diéthers*, dont l'étude forme l'objet de cette première Note.

Mode opératoire. — On fait réagir à 110°-120° une solution de chlorure d'acide (5 part.) dans un solvant choisi, par exemple le benzène, sur la cellulose degradée (hydrocellulose) (1 part.) imbibée d'un mélange de ce même solvant et d'un excès de pyridine.

On maintient le mélange à cette température pendant 2 ou 3 heures en suivant régulièrement la marche de la réaction et la solubilisation par des prises d'essais successives.

On précipite, après refroidissement, par l'alcool et on purifie la masse visqueuse

(¹) Grün et Wittka, *Bull. Soc. chim.*, t. 34, p. 1249.

séparée par épuisement à l'alcool bouillant. Le produit obtenu renferme 5 à 10 pour 100 d'éther insoluble que l'on élimine par centrifugation de la solution benzénique.

On obtient finalement, après purification complémentaire, les diéthers cellulosiques correspondants sous forme de filaments blancs de texture fibreuse, (Rendement 75 à 80 pour 100.)

Propriétés. — Tous les diéthers cellulosiques que nous avons préparés (stéarates, palmitates, laurates purs ou industriels) sont caractérisés par leur solubilité dans les solvants volatils suivants : benzène et carbures homologues aromatiques, chloroforme, tétrachloréthane, pyridine, etc.

Ils sont, par contre, insolubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone, l'acide acétique cristallisable.

Le point de fusion n'est naturellement pas net. Le stéarate commence à fondre vers 85°-90°, le palmitate vers 100°, le dilaurate vers 100°-110°.

Aucun de ces éthers n'est inflammable.

Ils brûlent tous en fondant et en dégageant l'odeur caractéristique de graisse brûlée.

Par évaporation de leurs solutions, on obtient des pellicules parfaitement translucides, extrêmement souples, sans addition d'aucun plastifiant, assez peu résistantes à la traction et, par contre, très résistantes à l'eau.

Constitution. — Nous avons établi la constitution de ces diéthers par l'analyse.

Le Tableau suivant donne les résultats du dosage du carbone et de l'hydrogène d'une part, des acides gras d'autre part.

I. *Dosage de carbone et d'hydrogène.* — 1° Distéarate de cellulose :

	Calculé.	Trouvé.
C pour 100	72,5	73,01
H »	11,2	11,37

2° Dipalmitate de cellulose :

	Calculé.	Trouvé. I.	II.	III.	IV.	V.
C pour 100	71,4	71,11	71,34	71,13	70,96	71,4
H »	10,97	10,53	11,07	11,36	11,09	11,16

3° Dilaurate de cellulose (*industriel*) :

	Calculé.	Trouvé.
C pour 100	68,4	69,78
H »	10,2	11,33

II. *Détermination de la teneur en acide gras par gravimétrie* (saponification

alcaline). — 1° Distéarate de cellulose :

	Calculé.	Trouvé.
Teneur en acide stéarique pour 100.....	81,7	80,8

2° Dipalmitate de cellulose :

	Calculé.	Trouvé.
Teneur en acide palmitique pour 100..	80,02	78,8

Si l'on tient compte, à la fois, de la faible dégradation de la cellulose employée et des propriétés mécaniques caractéristiques qui éloignent l'hypothèse d'une transformation totale de la cellulose, on peut admettre la constitution de ces diéthers comme suffisamment démontrée.

Nous n'avons pu réussir à déterminer le poids moléculaire de ces composés; la méthode cryoscopique, en particulier, est inapplicable à leurs solutions benzéniques qui ne donnent lieu à aucun abaissement du point de congélation du benzène. Nous devons en conclure que ces solutions sont de nature colloïdale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ésérétholméthine et son alcoolate.* Note [1] de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

L'ésérétholméthine [2], que nous avions considérée jusqu'ici comme une base *dès*, formée par ouverture du noyau basique et élimination d'une molécule d'eau, se comporte en réalité comme possédant encore le groupement OH, ce qui la rangerait dans la catégorie des pseudo-bases.

$$R\left\langle\begin{matrix}\overset{\|}{C}\\ \underset{\|}{C}\end{matrix}\right\rangle N(CH^3)^2I \xrightarrow{+H^2O} R\left\langle\begin{matrix}\overset{\|}{C}\\ \underset{\|}{C}\end{matrix}\right\rangle N(CH^3)^2OH \rightarrow R\left\langle\begin{matrix}\overset{\|}{C}-N(CH^3)^2\\ \underset{\|}{C}-OH\end{matrix}\right.$$

Iodométhylate d'éséréthol. — Ésérétholméthine.

La facilité avec laquelle cette méthine redonnait avec HI l'iodométhylate d'éséréthol, et, en général, avec tous les acides des sels à caractères ammonium en chaîne fermée, ne précipitant plus par NH^3, ni par les carbonates, plaidait déjà en faveur de notre nouvelle conception. Celle-ci se trouve consolidée par la constatation que tous les dérivés révélaient à l'analyse la pré-

[1] Séance du 2 juillet 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1480.

sence d'une molécule d'eau, qu'il était difficile de considérer toujours comme eau de cristallisation. D'ailleurs l'existence de ces pseudo-bases provenant d'une migration de l'OH de l'azote pentavalent à un carbone voisin est depuis longtemps bien connue dans les séries quinoléiques et isoquinoléiques, ainsi que pour nombre d'alcaloïdes (cotarnine, harmine et dérivés, etc.

Notre hypothèse est étayée par les données analytiques (N pour 100 : 10,1, calculée pour une pseudo-base N pour 100 : 10,07, pour une base *dès* N pour 100 : 10,7) et par l'expérience suivante : 0,299 d'éséréthol méthine, desséchée à poids constant, furent additionnés de 1^{cm^3},2 de HCl norm. et évaporés à poids constant; résidu sec = 0,3225, ce qui correspond à une augmentation de 7,8 pour 100 [alors que pour une base dès l'augmentation aurait dû être de 14 pour 100; calculé pour une pseudo-base 6,88 pour 100].

La présence d'une molécule d'eau étant nécessaire pour obtenir la pseudobase à partir du sel quaternaire, nous nous sommes demandé comment s'effectuerait l'ouverture de la chaîne basique en l'absence de toute trace d'eau. L'expérience a montré que l'on obtenait alors une base à caractères tout différents, un alcoolate, dont le schéma suivant permet d'expliquer la formation

$$R\left\langle \begin{matrix} \overset{\|}{C} \\ \underset{\|}{C} \end{matrix} \right\rangle N(CH^2)I \rightarrow R\left\langle \begin{matrix} \overset{\|}{C} - N(CH^2)^2 \\ \underset{\|}{C} - OC^2H^5 \end{matrix} \right. ,$$

et qui est analogue aux alcoolates déjà décrits pour les alcaloïdes à propos desquels nous avons signalé l'existence de pseudo-bases.

Il suffit de partir d'un chlorométhylate d'éséréthol parfaitement desséché, dissous dans l'alcool absolu et additionné de la quantité équimoléculaire de C^2H^5ONa. On obtient alors l'alcoolate sous forme d'huile, $[\alpha_D] = +114°$, très peu soluble dans l'eau, mais qui, chauffé en suspension aqueuse, se transforme en méthine cristallisé fondant à 89°.

Nous avons réalisé la transformation en alcoolate par simple ébullition de la méthine au sein de l'alcool absolu, en présence de C^2H^5ONa.

En rapprochant cette formation d'alcoolate de celle des diiodométhylates cristallisés, obtenus par iodométhylation ultime de l'éséréthol, également au sein de l'alcool absolu, et en présence de C^2H^5ONa, nous nous sommes demandé si nous n'avions pas là l'explication de la fixation du groupement C^2H^6O, en plus des groupes CH^3, auxquels nous pouvions nous

attendre (¹) :

```
        HC          CH²                         CH
  HC⁄⁄ \CH——C⁄ \CH²                  HC⁄⁄ \CH——C⁄CH²—CH²
    |    |    ||   |        →           |    |    ||      |
H⁵C²OC   CH   C   CH²          H⁵C²OC   CH   C—OH     CH²
    \\ ⁄  \ ⁄  \ ⁄                  \\ ⁄  \ ⁄         ⁄
     CH   NCH³ N.CH³                 CH   NCH³     N(CH³)²
       Éséréthol.                      Éséréthol méthine.

          CH
  HC⁄⁄ \CH——C⁄CH²—CH²—CH²—N(CH³)³I
→   |    |    ||
H⁵C²OC   CH   C—OC⁵H⁵
    \\ ⁄  \ ⁄
     CH   N(CH³)²
           I
              Diiodométhylate.
```

Cependant, malgré ce semblant de confirmation, il nous est difficile d'admettre cette hypothèse, car elle ne rend pas compte de l'irréductibilité de ces diiodométhylates, ni de leur stabilité, eu égard à la grande facilité avec laquelle les alcoolates perdent les éléments de l'alcool en présence des acides ou même par simple ébullition de leur solution aqueuse.

GÉOLOGIE. — *Relations entre les mouvements orogéniques et les grands effondrements de l'Afrique Centrale. Le Graben de la Lufira* (Katenga). Note de M. F. **Delhaye**.

En aval des chutes de Kiubo (ou Djuo), la Lufira, affluent du Lualaba, s'est creusée une profonde vallée d'érosion à travers le rebord septentrional de la cuvette Lufilienne. Au confluent de la rivière Likoka, elle pénètre dans un fossé tectonique (*Graben de la Lufira*), d'abord très étroit, mais qui s'ouvre graduellement vers le Nord. Une des particularités du Graben de la Lufira est d'être flanqué de chaque côté de fossés latéraux (²), disposés en forme de coin s'ouvrant vers le fossé principal. Il est à noter que le Graben de la Lufira affecte, par rapport au *Graben de l'Upemba*, une disposition analogue à celle de ses fossés latéraux.

Le fond de tous ces fossés est constitué par des roches conglomératiques *non plissées*, appartenant à la partie inférieure du *système du Kundelungu*.

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1813.
(²) *Ann. Soc. Géol. de Belg. Congo*, 1913, p. 6.

Les Horste sont constitués par des roches anciennes *plissées* et en majeure partie métamorphisées. Les couches du fond du fossé de la Lufira sont en pente légère vers le Nord. Dans les fossés latéraux cette inclinaison a lieu, en général, vers l'ouverture du fossé mais elle est très variable et peut atteindre bien qu'exceptionnellement 40°. Le fond des fossés latéraux peut être considéré comme constitué de voussoirs ayant subi des tassements inégaux, compliqués de mouvements de bascule.

Les terrains anciens plissés présentent à la partie inférieure une puissante formation de phyllades et de quartzites recouverte, dans les parties synclinales des plis, par une assise importante de conglomérat quartzitique. Les couches les plus récentes sont formées par des sédiments non métamorphisés : conglomérats, grès et psammites qui reposent en stratification transgressive sur les assises précédentes. Dans la vallée de la *Likoka*, directement à l'ouest de l'endroit où commence le Graben de la Lufira, les phyllades et quartzites inférieurs sont traversés par un petit massif de roches cristallines (*massif de Nianza*) qui, au point de vue structural, a joué un rôle très important. Cette venue éruptive est antérieure au dépôt des sédiments non métamorphisés.

Il était facile, grâce à la diversité de constitution des différentes assises, de suivre et de reconstituer la structure de plissement, antérieure aux effondrements. Au *Sud* du Graben de la Lufira, toute la région est constituée par les couches inférieures fortement plissées et redressées, de direction N-30°-E. A l'*Est* du Graben, les plis ont encore la même direction, mais par suite d'un fléchissement dans l'intensité des pressions, ayant agi vers le Nord, les plis sont moins accentués et les synclinaux sont très évasés. A l'*Ouest* du Graben et au *Nord* du massif de Nianza, les plis, encore plus affaiblis qu'à l'Est, ont une direction N-70°-E, à peu près parallèle à la limite septentrionale du massif cristallin. Ces derniers plis ont été visiblement formés par l'action d'une composante transmise par le massif; mais au fur et à mesure qu'on s'en éloigne l'action des efforts directs se manifeste davantage. Ainsi le bord sud du *synclinal de la Loie*, à 10^{km} au nord du massif est déjà festonné, l'anticlinal suivant est compliqué d'un réseau orthogonal de plis secondaires et à moins de 30^{km}, dans les *monts Kubimbe*, la direction redevient uniformément N-30°-E. Les deux systèmes de plis se raccordent suivant un axe de rebroussement qui coïncide sensiblement avec celui du Graben de la Lufira et où les terrains affectent une disposition synclinale (*synclinal transversal de la Lufira*).

On constate que les deux systèmes de déformations, par plissement et par

effondrement, se superposent; les fossés correspondent aux synclinaux, les Horste aux anticlinaux. On peut donc dans ce cas étendre à la structure d'effondrement la loi de M. Bertrand sur la superposition des plissements et la complexité même des deux systèmes exclut la possibilité d'une coïncidence fortuite. On notera également que dans un rajeunissement récent, le Graben de la Lufira a continué de s'effondrer, laissant suspendus ses fossés latéraux.

Cependant cette superposition des deux structures n'est exacte que pour les accidents situés à l'ouest du Graben de la Lufira et pour ce dernier. Ainsi par exemple le *Graben de la Loie* reproduit dans ses détails, mais avec des contours plus géométriques, les festons du synclinal de même nom. Elle n'est qu'approximative pour les accidents de l'Est, où l'on observe un décalage des fossés par rapport aux synclinaux, dans le sens d'action des efforts tangentiels. En réalité, les fossés ne correspondent pas aux synclinaux anciens, les seuls accessibles, mais à des synclinaux de formation contemporaine de l'effondrement et la longueur dont ils sont décalés mesure le retrécissement de la zone plissée, entre les deux phases successives. On peut ainsi concevoir que si les pressions avaient été plus énergiques, il se serait produit une véritable inversion.

Si maintenant on tient compte des faits déjà mentionnés par M. J. Cornet : concordance entre la direction des terrains anciens formant le contour du bassin du Congo et le contour lui-même; réduction progressive des bassins lacustres ayant conduit par étapes successives à la formation de la *Cuvette congolaise;* coïncidence du *Graben de l'Upemba* avec le *rebroussement des plis du Kabele* et de la *Cuvette de la Lufira* avec le *rebroussement de Ruwe;* exemples qu'on pourrait actuellement multiplier, on est conduit à considérer ces mouvements épirogéniques comme la suite des mouvements orogéniques anciens. *Les effondrements n'étant que la répercussion dans les couches superficielles de l'écorce terrestre, des plissements qui ont encore lieu en profondeur.*

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le mode de formation d'une* frane *dans le Cantal.* Note de Mlle **Y. Boisse de Black**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai décrit dans une Note antérieure (¹) quelques *franes* de la vallée de la Cère. Un hasard heureux m'a permis cette année de saisir sur le vif la

(¹) *Les* franes *de la vallée de la Cère* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1595.

formation de l'un de ces accidents de terrain sur le versant droit de la vallée du village de Boudieu :

La coupe géologique du versant est constituée, de bas en haut, par des sables, des argiles, des marnes et des calcaires oligocènes, le tout couronné par le conglomérat andésitique. Des produits d'altération superficielle argilo-gréseux et très perméables, que MM. Bocquier et Marty [1] viennent de décrire, revêtent le flanc de la vallée d'un manteau d'inégale épaisseur. Très mince à la ligne de faîte, il atteint 3^m dans le thalweg de la Cère. A la limite de ces dépôts perméables et des formations sous-jacentes moins perméables s'est établi un ruissellement souterrain.

Les versants de la vallée entre Vic et Arpajon présentent à mi-hauteur, à l'altitude 690^m, une terrasse discontinue, vestige du fond de l'auge du glacier chelléen. Les lambeaux les plus importants de cette terrasse sur le versant droit sont occupés par les villages d'Yolet, de Sémilhac et de Boudieu.

A l'ouest de ce village, au fond d'une dépression elliptique, une grande *frane* s'est formée dans le champ de la Limagne de Boudieu à la suite d'un mois de pluies continues, dans la nuit du 14 au 15 mars 1923, sur l'axe d'une source puissante ayant son origine au-dessus de la route nationale, et captée dans sa partie inférieure pour l'alimentation du manoir et de la ferme de Boudieu. Les dimensions de cet accident sont d'environ 300^m suivant l'axe longitudinal et de 150^m suivant l'axe transversal. La partie supérieure de la *frane* est délimitée par deux talus concentriques en fer à cheval dont la partie abrupte est tournée vers une excavation en forme de niche. La formation du talus inférieur, séparé par une distance de 10^m environ, a été déterminée en un point par la distance qu'a opposé au glissement du terrain un gros bloc de cinérite. A son point de hauteur maxima, le rejet du talus supérieur est de $1^m,60$. Au-dessous du talus inférieur et parallèlement à lui existent plusieurs petites crevasses à bords dénivelés.

Vers l'amont, la *frane* présente une niche de forme concave, et vers l'aval une loupe de forme convexe. La niche est délimitée par deux talus normaux aux courbes de niveau; et latéralement par deux talus à rejet interne, perpendiculaires à la ligne de plus grande pente. Ceci revient à dire que la niche est en contre-bas et la langue en contre-haut de la surface sur laquelle s'est produit la *frane*. Cette surface est formée d'éboulis des pentes, on aperçoit par places le substratum marneux sur lequel reposent les éboulis et entre les deux formations on constate l'existence d'un suintement d'eau. L'emplacement des talus bordiers supérieurs coïncide avec la ligne de rupture de pente déterminée par l'intersection du pallier chelléen et du versant moutiérien.

---

(1) *Les dépôts récents de la vallée de la Cère et de la plaine d'Arpajon* (*Cantal*) (*C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, séance du 23 avril 1923).

J'ai ainsi pu surprendre le mode de formation d'une *frane* et celle-ci explique tous les autres glissements de ce type à différents degrés d'évolution.

Dans les environs de Boudieu, la *frane* du col de Barathe et la *frane* d'Yolet comme celle de la Maison-Blanche que j'ai décrite précédemment ont les mêmes caractères que l'accident de Boudieu, à ceci près que leurs talus bordiers sont plus accentués par suite d'une évolution plus avancée.

Des dépressions d'un type un peu différent s'impriment au flanc du versant droit entre Yolet et Boudieu. L'une d'elles, surtout développée au-dessus de la route nationale, se trouve entre Yolet et Sémilhac. Trois autres dépressions analogues, à axe orienté selon la ligne de plus grande pente, se voient entre Sémilhac et Boudieu. Ces cavités se distinguent de celles du col de Barathe, d'Yolet et de la Maison-Blanche par le fait qu'elles n'ont pas de brèche à leur partie inférieure. Ce sont à mon avis des *franes* en préparation dont le bord inférieur de la cuvette ne s'est pas encore détaché.

On considère généralement que le ruissellement est le principal mode d'aplatissement des versants. Cela est évidemment vrai pour les versants dégazonnés, mais cela ne l'est pas pour les versants gazonnés comme ceux du Cantal. Le gazon arrête le ruissellement et force l'eau à s'infiltrer. Dès lors elle cesse d'agir d'une manière subaérienne pour agir d'une manière souterraine. Lorsqu'elle s'écoule en une nappe diffuse entre le sous-sol et ses produits d'altération il se forme des rideaux. Mais si les eaux sont collectées en un axe hydrographique souterrain, il se produit des franes. De sorte que rideaux et franes sont le principal mode d'aplatissement actuel des versants dans ma région d'études en particulier et dans presque toutes les vallées du Cantal en général.

HYDROLOGIE. — *Mesure du degré d'ionisation des eaux minérales.* Note (¹) de MM. **Allyre Chassevant** et **Chouchak**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons montré dans la précédente Communication comment on peut calculer le degré d'ionisation d'une eau minérale en fonction de sa composition chimique et de sa résistivité électrique.

On peut aussi calculer ce degré d'ionisation en fonction du point cryos-

(¹) Séance du 2 juillet 1923.

copique en utilisant les formules de Raoult et de Van't Hoff :

$$\Delta_t = 1,85.i.C_m \quad \text{(formule de Raoult)},$$
$$i = 1 + (K - 1)\alpha \quad \text{(facteur de Van't Hoff)},$$

d'où l'on tire

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta t}{1,85.C_m} - 1}{K - 1};$$

α est le degré d'ionisation; on obtient le taux d'ionisation pour 100 en le multipliant par 10^2.

C_m est la concentration moléculaire (voir Note précédente), k est le nombre des ions formés par la dissociation totale de la molécule moyenne type M_T (voir Note précédente).

On obtient ce nombre en divisant la somme du nombre des ions par la concentration moyenne (l'anion HCO^3 est supposé dissocié en ses éléments H et CO^3; le nombre des ions H est ajouté à la somme des cations); la valeur de k est comprise entre 2 et 3.

La valeur de l'ionisation calculée, en partant du point cryoscopique, permet de contrôler celle obtenue en fonction de la résistivité électrique, et réciproquement.

Exemple :

Eau de Vichy Célestins (voir Note précédente).

Auteurs.	Point cryoscopique : mesure directe.	calculé.	Résistivité électrique : mesure directe.	calculé.	Taux d'ionisation α.	%.
Chanoz et Doyon	−0,26	"	"	192,6	0,6889	68,89
L. Graux	−0,22	"	"	270,6	0,4791	47,91
Chassevant et Poirot-Delpech	"	−0,2249	264	"	0,5022	50,22
Francina	"	−0,24	229,9	"	0,578	57,8
Viallier-Raynard	"	−0,247	218	"	0,6082	60,82

Ces chiffres sont très concordants, surtout si l'on considère que les auteurs auxquels nous avons emprunté les résultats expérimentaux ont opéré suivant des méthodes différentes, et qu'ils ont effectué leurs analyses sur des échantillons d'origines diverses, souvent à plusieurs années d'intervalle.

On sait, de plus, que le taux d'ionisation d'une eau minérale varie depuis le moment de son émergence, jusqu'à ce qu'elle ait atteint son équilibre.

Il est facile de calculer la valeur du point cryoscopique en fonction de la

résistivité électrique

$$\Delta_t = [1 + \alpha(K - 1)]\,1{,}85\,C_m,$$

d'où

$$\Delta_t = \left[1 + \frac{1000(K - 1)}{\Lambda_\infty \rho C_{éq.}}\right] 1{,}85\,C_m$$

et, réciproquement de calculer la valeur de la résistivité électrique en fonction du point cryoscopique

$$\rho = \frac{1000(K - 1)}{\left[\frac{\Delta_t}{1{,}85\,C_m} - 1\right]\Lambda_\infty C_{eq.}}$$

ou en fonction du taux d'ionisation α

$$\rho = \frac{1000}{\alpha \Lambda_\infty C_{éq.}}.$$

BOTANIQUE. — *Croissance et héliotropisme.* Note de M. **H. Ricôme**, présentée par M. M. Molliard.

La déviation de la tige de sa position normale verticale, obtenue par l'héliotropisme, permet d'apprécier l'action de la pesanteur sur la croissance. Des plants de Fève ont été exposés à un éclairement latéral de façons diverses.

Cultures à l'air libre derrière une fenêtre. Cultures en pots dans une caisse tapissée de papier noir où la lumière ne pénètre que par la moitié inférieure de l'une des faces, de façon qu'il y ait une zone d'ombre au-dessus des pots. Les caisses ainsi aménagées sont les unes exposées à la lumière solaire diffuse, soit dans le laboratoire, soit sur une terrasse dont le sol réfléchit les rayons solaires, les autres placées dans un faisceau lumineux horizontal dont un héliostat maintient la direction constante.

Voici les résultats de caractère général obtenus par les méthodes ci-dessus :

1° Bien que les tiges s'inclinent vers la lumière et s'accroissent en direction inclinée, leur orientation n'est nullement la direction moyenne d'incidence de la lumière.

2° Dans tous les cas étudiés, les plantes pénètrent dans la zone d'ombre dont il est question au début de cette Note. Elles ne restent donc pas dans la zone éclairée, constatation qui confirme la remarque précédente.

3° La nuit, il se produit un relèvement des régions en élongation, par

suite de l'action de la pesanteur. Le jour, l'intervention de la lumière se manifeste par un abaissement. On peut repérer dans l'espace la position des nœuds de la tige en se servant de plantes effectuant leur croissance dans un plan ou s'écartant peu de ces conditions favorables. Nous avons obtenu ainsi des graphiques parfaitement concordants dans leur allure générale.

Dans ces graphiques, les positions successives d'un même nœud caulinaire permettent de constater ces relèvements et abaissements alternatifs. Il est d'ailleurs facile de les accentuer en mettant, la nuit, la plante à l'obscurité complète ou en prolongeant la durée du défaut d'éclairement.

4° Une région donnée supporte le poids des organes qu'elle relie au corps et ce poids augmente au cours du développement. Aussi voit-on fléchir de jour en jour, sous le poids, les régions dont la croissance est terminée. Il existe pour chaque région une première période où cette région s'abaisse et s'élève au-dessus du sol lors de l'alternance du jour et de la nuit. Dans une deuxième période, la même région fléchit sous le poids croissant; alors elle se rapproche de plus en plus du sol. Les portions plus jeunes se redressent pour compenser cette déviation passive et reprendre l'orientation fixée par l'ensemble des conditions extérieures (pesanteur, lumière) et intérieures (régime aqueux), qui n'ont pas changé.

A ce moment et pendant plusieurs jours, on a des plantes longues de 30^{cm} et davantage, coudées près de leur base et dirigées presque horizontalement (extrémité mise à part). Cette manière d'être, donnée comme un résultat de l'héliotropisme, est en réalité un fléchissement sous l'effet mécanique du poids mort. Les conditions à réaliser pour obtenir, par simple héliotropisme, des plantes ainsi conformées, sont tout autres qu'on ne l'imagine.

5° Il est inexact qu'il se produise une incurvation initiale orientant la tige dans la direction d'incidence de la lumière, puis une croissance dans cette direction. En fait, la tige tend à s'incurver vers la source de lumière (héliotropisme), mais la pesanteur continue à exercer son action qui tend à la rendre verticale ascendante (géotropisme). Dans tous les cas énoncés ci-dessus, la direction prise, loin d'être la direction de la lumière, est une résultante des deux actions (pesanteur et lumière), elle varie avec l'intensité lumineuse, même pour une direction d'incidence constante.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine mitochondriale des pigments anthocyaniques dans les fleurs et dans les feuilles*. Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Marin Molliard.

Dans une Note [1] parue en juillet 1911, nous avons montré par l'étude vitale de la formation des pigments anthocyaniques dans un certain nombre de fleurs, que ces pigments apparaissent d'abord dans le cytoplasme au sein de corpuscules spéciaux que nous avons désignés sous le nom de cyanoplastes. Nous avons étudié aussi les réactions microchimiques et l'évolution de ces corpuscules et nous avons constaté qu'ils possèdent une enveloppe dans l'intérieur de laquelle s'élaboreraient les pigments, qui, dans les cas observés dérivent de composés tanniques. Guilliermond a confirmé ces résultats et il a en outre montré, par des recherches importantes, que dans les jeunes feuilles de Rosier et de Noyer, les cotylédons et les feuilles de la plantule de Ricin, une grande partie du chondriome de chaque cellule participe à l'élaboration des pigments, la plupart des mitochondries se transformant en sphérules pigmentaires comparables aux cyanoplastes. Aussi Guilliermond admet-il que le cyanoplaste paraît résulter de la différenciation d'une mitochondrie granuleuse. Enfin l'examen vital des jeunes pétales d'un petit nombre de fleurs renfermant de l'anthocyane a conduit F. Moreau et Guilliermond à conclure que l'anthocyane est dans les fleurs, comme dans les feuilles étudiées par Guilliermond, le produit de l'activité des mitochondries. Les recherches de ces auteurs nous décident à résumer à notre tour les observations personnelles que nous avons faites sur la formation de l'anthocyane dans les flenrs de *Melia Azedarach* L., *Dracunculus vulgaris* Schott, *Biarum tenuifolium* L. et dans les feuilles de *Brassica oleracea Botrytis asparagoides violacea*.

Melia Azedarach. — On sait que dans la fleur de cette espèce, l'androcée est diplostémone; les filets élargis s'unissent en un tube cylindrique, terminé par des franges rapprochées par paires et alternées avec les anthères accolées à la partie supérieure et interne du tube. Ce tube offre une teinte violette due à la présence d'un pigment anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire. Si l'on examine les cellules de l'épiderme du tube d'une fleur en voie d'éclosion, on peut suivre tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane au sein des mitochondries et du développement ultérieur du

---

[1] I. Politis, *Sopra speciali corpi cellulari che formano antocianine* (*Atti dell' Istituto Botanico della R. Universita di Pavia*, 1911).

pigment avec une admirable netteté. On observe d'abord dans le cytoplasme de chaque cellule le noyau et un chondriome formé par un grand nombre de chondriocontes minces, allongés et flexueux, et par quelques mitochondries granuleuses. Ces éléments sont répartis dans tout le cytoplasme et sont souvent plus nombreux au voisinage du noyau. Les éléments du chondriome s'épaississent peu à peu et s'imprègnent de pigment violet, puis ils prennent la forme d'haltères, dont les deux têtes se séparent par rupture de la partie effilée qui les réunit et se transforment en sphérules comparables aux cyanoplastes. Les sphérules ainsi formées grossissent peu à peu et, arrivées au terme de leur croissance, se dissolvent dans le suc vacuolaire auquel elles donnent une coloration uniformément violette. C'est par ce procédé que se forment aussi les pigments anthocyaniques et les composés phénoliques incolores des jeunes feuilles de Rosier et de Noyer, des cotylédons et des feuilles de la plantule de Ricin comme l'a montré Guilliermond.

Dracunculus vulgaris Schott. — Dans la fleur de cette espèce, il est facile d'observer tous les stades de la formation de l'anthocyane dans les cellules épidermiques de l'appendice stérile du spadice qui est coloré en pourpre foncé. On y voit un peu avant l'éclosion de la spathe dans le cytoplasme de très petites granulations. Ces granules prennent ensuite une teinte rouge pâle, puis grossissent peu à peu, se transforment en grosses sphérules d'un pourpre foncé et d'un aspect brillant; puis pénètrent dans les vacuoles et s'y dissolvent. Dans les cellules épidermiques de l'appendice pourpre foncé du spadice de la fleur de *Biarum tenuifolium*, l'anthocyane s'élabore de la même manière.

Enfin l'examen vital de jeunes pétales d'un certain nombre de fleurs renfermant de l'anthocyane nous a permis de constater que l'anthocyane apparaissait dans un cyanoplaste unique par cellule [1].

Brassica oleracea Botrytis asparagoides violacea. — Dans les cellules épidermiques des feuilles de cette espèce, nous avons constaté que l'anthocyane s'élabore au sein d'un cyanoplaste unique par cellule.

Dans les fleurs l'anthocyane se forme donc des trois manières suivantes : 1° au sein d'un petit corpuscule unique par cellule, le cyanoplaste; 2° au sein de nombreux chondriocontes; 3° au sein de nombreuses mitochondries granuleuses.

Dans les cellules des feuilles l'anthocyane ne se forme pas d'une seule manière, au sein des nombreuses mitochondries, comme l'a montré Guilliermond, mais aussi au sein d'un cyanoplaste unique par cellule.

---

[1] *Op. cit.*

CHIMIE AGRICOLE. — *L'humus dans les terres à café, au Brésil.* Note de M. **Piettre**, présentée par M. Lindet.

La grande préoccupation du planteur de café est la recherche de la terre vierge recouverte de forêts inviolées « matta virgen » où se sont accumulés les détritus organiques pendant des dizaines, parfois des centaines d'années. Pour lui cette « matta virgen » représente une abondante réserve d'humus qui assurera le rapide développement de sa plantation et pendant longtemps des récoltes abondantes sans qu'il soit nécessaire de compenser, par l'apport d'engrais, les emprunts faits au sol par l'exportation de ces récoltes. La terre une fois épuisée, le caféier trop vieux, après 30, 50, quelquefois 80 ans, il faudra chercher une nouvelle forêt vierge, plus loin, toujours plus loin du littoral ou de la voie ferrée; c'est d'ailleurs le sort de toutes les cultures extensives dans les pays neufs de vaste territoire; c'est « la course à l'humus ».

I. Nous nous sommes proposé, M. le Dr de Souza, mon assistant et moi, de prélever et d'analyser des terres, non plus en cours d'épuisement, comme l'ont fait plusieurs observateurs, mais des terres vierges, au moment même de leur exploitation et disposant de toutes leurs ressourses.

La méthode de dosage des matières humiques par la pyridine, que j'ai fait connaître à l'Académie, le 7 mai 1923, m'a permis de donner à ces analyses un caractère plus certain.

On note ici une démarcation assez nette entre le sol, plus ou moins coloré en brun par les matières humiques sur une hauteur variant de 15 à 30^{cm} et le sous-sol qui possède la teinte réelle de la terre. Les prélèvements ont été faits suivant la technique classique et dans des régions d'origine minéralogique différente. Les échantillons I, II, III et IV proviennent de la terre argileuse rouge sang, *terra roxa* de Sao-Paulo, due à la décomposition de la diabase; l'échantillon V est uniquement formé de sable résultant de la désagrégation de grès, l'échantillon VI représente une terre semi-argileuse, jaunâtre, provenant du gneiss (État de Minas-Geraes).

Couche superficielle ou humique correspondant au sol.
Pour 100 de terre fine.

Nos.	Analyse mécanique. Argile.	Sable fin.	Sable grossier non calcaire.	Détritus végétaux.	Matières humiques. (Méthode à la pyridine.)	Ca O.	P^2O^5.	Azote organique.
I....	86,7	10,9	2,4	»	13,707	6,98	0,647	1,19
II....	80	15	5	»	9,34	4,13	0,43	0,89
III....	53	26	17	3,5	9,93	6,90	0,618	1,23
IV....	47	42	9	2	7,12	3,50	0,395	0,786
V....	5,5	84	7	3,5	0,361	0,0406	0,0148	0,146
VI....	31	22	44	3	7,17	0,935	0,152	0,895

Couche profonde correspondant au sous-sol.
Pour 100 de terre fine.

Nos.	Analyse mécanique. Argile.	Sable fin.	Sable grossier non calcaire.	Détritus végétaux.	Matières humiques. (Méthode à la pyridine.)	Ca O.	P^2O^5.	Azote organique.
I....	79	4	17	»	0,685	0,501	0,261	0,403
II....	77	11	12	»	0,35	0,294	0,130	0,189
III....	69	25	6	»	2,08	0,365	0,160	0,332
IV....	43	48,5	7,5	0,5	0,306	0,019	0,011	0,028
V....	2,5	90	6	1,5	0,750	0,018	Traces	0,154
VI....	47	21	32	»	0,325	0,258	0,033	0,257

Ces quelques chiffres démontrent que, dans les terres vierges, les éléments fertilisants minéraux puisés dans les profondeurs du sous-sol viennent s'accumuler en surface, où ils se mélangent à l'humus pour être mis à la disposition d'une nouvelle période de végétation. Ces richesses considérables, puisque, dans certains cas, la teneur en matières humiques atteint 137g pour 1000, coïncidant avec une constitution spéciale (prédominance de l'argile conservant avec ténacité l'humidité sous un climat chaud) font des terres rouges de l'État de Sao-Paulo des éléments de tout premier ordre, idéaux pour la culture du café.

II. Nous avons commencé l'étude de l'origine de l'humus à partir des résidus végétaux en nous adressant aux troncs d'arbres qu'on laisse volontiers, dans les plantations, se décomposer lentement à l'air.

La poudre marron, prélevée dans le tronc d'un *peroba* « *Aspidosperma*.

dasycarpo » contenait 11,09 pour 100 de cendres, dont 6,17 insolubles dans les acides et 4,91 de solubles, se répartissant ainsi (pour 100) : $CaO = 58,33$; $MgO = 4,19$; $KOH = 7,62$; $P^2O^5 = 11,54$; $Fe^2O^3, Al^2O^3 = 14,68$.

100g de cette poudre épuisée au bain-marie bouillant jusqu'à ce que la dernière eau ne se colore plus (il faut environ 1l,500) donnent une liqueur blonde qui, après refroidissement et neutralisation par HCl, laisse déposer un précipité floconneux brun clair. On a donc ainsi un premier faisceau humique, soluble dans l'eau, contenant 5,50, 5,64 et 5,49 d'azote pour 100.

Un nouvel épuisement à froid, soit par le carbonate de soude à 5 pour 100, ou à chaud par la pyridine à 50 p. 100 d'eau, enlève une seconde récolte de matières humiques de teinte plus foncée, insoluble dans l'eau, de teneur un peu inférieure en azote, voisine de 5 pour 100.

Conclusions. — Deux points surtout se dégagent de ces recherches.

1° L'accumulation en surface, dans les terres vierges, des matières minérales fertilisantes (CaO, P^2O^5, MgO, KOH, etc.) et des substances humiques favorise éminemment la fixation, l'immobilisation des premières par les secondes, permettant aux plantes de puiser au fur et à mesure de leurs besoins, dans ce complexe physico-chimique qui exige, pour être décomposé au laboratoire, l'action des acides forts.

2° Ces richesses organo-minérales aussitôt mises à découvert, après l'abatage des forêts, non seulement ne doivent pas être, en grande partie, détruites par combustion, comme c'est encore l'usage fréquent au Brésil, mais être enfouies dans le sous-sol par un labour profond, à la fois pour éviter l'oxydation superficielle, l'entraînement pendant les pluies torrentielles et pour assurer la conservation aussi parfaite que possible d'abondantes réserves si nécessaires à la longue période de culture que le caféier doit parcourir.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la température sur l'action de l'hormone testiculaire.* Note de M. **M. Aron**, présentée par M. Widal.

On sait que l'influence générale que le testicule, à maturité sexuelle, exerce sur l'organisme, a pour facteur un produit de sécrétion interne, une hormone, et l'on admet que, déversée dans la circulation, cette hormone va atteindre électivement des organes et tissus réactionnels qui sont les caractères sexuels secondaires. Mais, jusqu'ici, on ne connaît de l'hormone génitale que son action, sans posséder aucune donnée sur sa nature réelle. On ignore si elle correspond à une substance chimiquement définie ou si elle se

comporte comme un simple catalyseur. Chez les urodèles j'ai déjà montré [1] que le degré de développement des organes réactionnels est proportionnel à celui du tissu glandulaire producteur de l'hormone, donc vraisemblablement à la quantité d'hormone produite, ce qui constitue un argument en faveur de la première hypothèse. S'il était prouvé que l'hormone disparaît plus ou moins rapidement du milieu intérieur selon la température, on aurait acquis une nouvelle indication importante à cet égard, et l'on serait fondé à voir en elle un corps déterminé au point de vue physico-chimique, et non plus l'agent hypothétique d'un effet physiologique.

Une telle investigation ne saurait être abordée chez des mâles entiers, dont la glande génitale excrète constamment l'hormone. Les différences de température auxquelles on soumettrait un animal dans ces conditions pourraient agir sur les modalités de la sécrétion en même temps que sur le produit sécrété, de sorte que toute base solide manquerait à une comparaison des effets de l'hormone. Le problème consiste donc à expérimenter avec des mâles castrés, de manière à ne laisser dans la circulation qu'un certain taux d'hormone, puis à observer les délais de régression des caractères sexuels à diverses températures. Mais ceci implique la connaissance rigoureuse et le caractère immuable des délais de régression normaux.

Les tritons constituent, à cet égard, un matériel de choix. J'ai précédemment étudié [2] les caractères sexuels du triton crêté et constaté que, développés périodiquement pendant l'activité sexuelle, ils consistent (l'instinct sexuel mis à part) : 1° en une parure nuptiale (crête dorso-caudale, bande pigmentaire caudale); 2° en des caractères internes (pelotonnement et activité sécrétoire du canal de Wolff, évolution glandulaire des canaux excréteurs des reins, des glandes cloacales, etc.). Après castration, tous les caractères régressent, certains (crête) plus rapidement que d'autres (phénomènes sécrétoires). A la température moyenne de 15°-16°, la régression est complète au bout de trois semaines.

J'ai soumis à des températures diverses des lots de tritons fraîchement capturés, possédant tous des caractères sexuels pleinement développés, après les avoir castrés le même jour, 5 ont été laissés dans de l'eau maintenue à une température de 18° à 20° (moyenne 23°), 3 à la température ordinaire (14°) et 5 dans de l'eau maintenue à une température de 4° à 10° (moyenne 7°).

---

[1] *C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 87, 9 juin 1922, p. 248.

[2] *C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 85, 8 juillet 1921, p. 482, et t. 87, 9 juin 1922, p. 246.

Chez les tritons du premier lot les caractères sexuels ont été trouvés complètement régressés au bout de 14 jours ; chez ceux du deuxième lot, la régression s'est opérée, selon la règle, au bout de trois semaines; parmi ceux du troisième lot, deux ont été sacrifiés au bout de 14 jours : les caractères internes étaient alors aussi développés que chez les témoins normaux; deux autres ont été sacrifiés au bout de 4 semaines : les caractères internes étaient à peine au début de leur régression ; un dernier opéré a été sacrifié au bout de 5 semaines : il présentait encore un canal de Wolff très sinueux et une bande argentée assez brillante.

Le froid permet donc le maintien prolongé des caractères sexuels après castration; la chaleur accélère au contraire leur régression. On peut se demander si les différences de température n'agissent pas directement sur les caractères sexuels en inhibant ou en intensifiant les processus d'involution normaux. Il n'en est rien, car, chez les tritons castrés soumis au froid, les caractères sexuels montrent, après un long délai, non des signes d'involution ralentie, mais des signes d'évolution attestant la continuité d'action de l'hormone. C'est donc sur l'hormone résiduelle après castration qu'agit la température.

Ces premières expériences seront reprises méthodiquement dans le but de déterminer si les différences constatées peuvent être systématisées et obéissent à la loi de Van 't Hoff. Il y aurait là une nouvelle application aux phénomènes biologiques de cette loi dont J. Loeb a montré qu'elle se vérifie, en ce qui concerne la durée de la vie, chez les Drosophiles élevées à des températures variées. Dès à présent il est permis de conclure que l'hormone testiculaire se comporte comme une substance soumise au dynamisme chimique.

HYDROLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'eau de Vichy sur la réaction urinaire*. Note [1] de MM. A. **Desgrez** et H. **Bierry**, présentée par M. Ch. Moureu.

La conservation de l'alcalinité normale de nos humeurs est due, pour une très grande part, à deux facteurs : l'excrétion de l'ammoniaque et la séparation physico-chimique des acides. A ce point de vue, deux acides (carbonique et phosphorique) exercent un rôle prépondérant.

---

[1] Séance du 2 juillet 1923.

L'efficacité du processus d'excrétion varie avec l'excès relatif et non avec l'excès absolu des acides sur les bases; on doit l'évaluer par la mesure de l'*acidité réelle*, ou concentration des ions H^+ (Henderson).

En adoptant le changement de réaction ionique comme critère de la réponse de l'organisme, nous avons déjà étudié l'influence des eaux de Vichy [1]. Il était intéressant de compléter ces premières recherches par l'évaluation des anions et cations excrétés et de déterminer également la relation entre la *réaction ionique* et les variations des phosphates et des bicarbonates, en particulier des rapports $\frac{PO^4BH^2}{PO^4B^2H}$ et $\frac{CO^3H^2}{CO^3BH}$.

Nous avons entrepris l'étude de ce problème de physiologie déjà abordé par Henderson, puis par Gamble, mais en prenant dans nos recherches l'eau de Vichy comme agent capable de provoquer les variations du P_H urinaire.

Mode opératoire. — L'épreuve est pratiquée sur un sujet maintenu à jeun toute la matinée. L'urine est recueillie à partir du lever jusqu'à 8^h30^m ou 9^h30^m, avec les précautions nécessaires pour éviter la perte de CO^2; P_H et CO^2 sont déterminés immédiatement. Le sujet absorbe ensuite l'eau de Vichy, soit 175^{cm^3} (Source de l'Hôpital), puis, une heure après, un égal volume de la même eau. On évalue P_H et CO^2 sur les urines émises 2 heures après l'ingestion. Sur les mêmes urines, on a déterminé la densité, les proportions de cendres, d'extrait sec, d'acide urique, d'urée et des divers éléments minéraux. On a pratiqué également la mesure de l'*acidité apparente* A_a (phénol-phtaléine comme indicateur), et, de plus, calculé l'*acidité phosphatique* A_p, c'est-à-dire l'acidité que présenterait l'acide phosphorique contenu dans l'urine et supposé à l'état de phosphate monométallique (Grimbert).

Nous donnons deux exemples d'analyses d'urine concernant : 1° une émission, à jeun, à P_H 5,2; 2° une émission à P_H 7,2, après l'épreuve de l'eau de Vichy.

Ce Tableau montre que, pour l'urine à P_H 5,2, l'acidité apparente A_a est plus grande que l'acidité calculée A_c. On a, en effet, $A_a - A_c = 10$. Pour l'urine à P_H 7,2, au contraire, l'acidité calculée est supérieure à l'acidité trouvée $A_c - A_a = 12$. Quant au rapport $\frac{A_a}{A_p}$ (entre l'acidité apparente et l'acidité phosphatique), il est $1,3 > 1$, dans le premier cas, et $0,48 < 1$ dans le second.

---

[1] A. DESGREZ et H. BIERRY, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1252.

1° *Émission après le lever;* (P_H 5,2).

Anions.	Grammes.	Équivalences [1].	Cations.	Grammes.	Équivalences.
$(PO^4H)H$...	2,50	51,5	Ca..........	0,16	8
SO^4.........	1,81	37,5	Mg.........	0,08	6,5
Cl..........	10,01	282,5	Ma.........	6,08	264
(CO^3H).....	0,12	2	K..........	1,77	45,5
(AuH)......	0,09	0,5	NH^4........	0,43	24
	14,53	374,0		8,52	348,0

Total des poids............................	23^g,05
Cendres pesées.............................	22,48
Différence............................	0,57

(Matières organiques et volatiles, indosé minéral.)

Balance des équivalences.................	26 (A_c)
Acidité trouvée (phtaléine)..............	36 (A_a)
Différence...........................	10

2° *Émission après l'épreuve de l'eau de Vichy;* (P_H 7,2).

Anions.	Grammes.	Équivalences.	Cations.	Grammes.	Équivalences.
$(PO^4H)H$...	0,81	16,5	Ca..........	0,07	3,5
SO^4.........	0,72	15	Mg.........	0,03	2
Cl..........	6,10	172	Na..........	3,36	146
(CO^3H).....	1,07	17,5	K..........	1,94	49,5
(AuH)......	0,21	1,5	NH^4........	0,10	5,5
	8,91	222,5		5,50	206,5

Total des poids............................	14^g,41
Cendres pesées.............................	13,54
Différence............................	0,87

Balance des équivalences.................	16 (A_c)
Acidité trouvée (phtaléine)..............	4 (A_a)
Différence...........................	12

Entre P_H 5,2 et P_H 7,2, il existe donc un *point critique* pour lequel l'aci-

(1) Une équivalence s'identifie avec 1^{cm^3} de liqueur normale. Cette notation avait été déjà utilisée par le Prof. H. Lescœur, de Lille, dès 1897, dans l'analyse des eaux. Ici, l'équivalence correspond à 23^{mg} Na, 20^{mg} Ca, 48^{mg} SO^4, 61^{mg} (CO^3H), 48^{mg},5 $(PO^4H)H$ correspondant au phosphate monométallique, 167^{mg} d'acide urique (AuH); etc.

dité calculée et l'acidité apparente sont voisines et, pour lequel l'acidité apparente est égale à l'acidité phosphatique $\frac{A_a}{A_p} = 1$.

Des expériences complémentaires nous ont montré que ce point se trouve aux environs de P_H 6 à P_H 6,5 et permet de diviser les urines en deux catégories, celles à $P_H < 6$, dans lesquelles les auteurs s'accordent à reconnaître l'existence de phosphates monométalliques et d'acides organiques, celles pour lesquelles on a $P_H > 6,5$ [1], qui renferment des phosphates bimétalliques en plus ou moins grande quantité.

On voit également que, même pour une urine à P_H 7,2, les équivalences acides l'emportent sur les équivalences basiques.

Conclusions. — De nos recherches portant sur des sujets à jeun et sur des sujets soumis à l'épreuve de l'eau de Vichy, se dégagent les conclusions suivantes :

1° Dans des conditions physiologiques déterminées, chaque individu possède un P_H urinaire qui lui est propre, P_H variable avec les divers sujets et allant de 4,6 à 7,3. L'étude préalable de ce P_H est indispensable à connaître avant l'épreuve de la *dose-seuil*.

2° Il existe un point critique qui permet de classer les urines en deux types, suivant que le P_H est inférieur à 6 ou supérieur à 6,5.

3° L'acide carbonique est lié, d'une façon étroite, à l'acidité ionique en général. Au-dessus de P_H 6,5, la proportion d'acide carbonique total croît très rapidement avec le P_H.

MÉDECINE. — *Diabète sucré expérimental.* Note de MM. **Jean Camus**, **J.-J. Gournay** et **A. Le Grand**, présentée par M. Widal.

Claude Bernard, dans ses leçons sur le diabète, enseignait : « Le diabète artificiel est toujours temporaire. Il dure environ 5 à 6 heures chez le lapin, et dans les cas les plus exceptionnels 24 heures. Chez le chien, la limite extrême est 48 heures. J'ai rarement rencontré une persistance aussi prolongée, mais je n'en ai jamais rencontré qui le fût davantage » [1].

---

[1] Ce cas est réalisé chez des individus même normaux, surtout à certaines heures de la journée. De telles urines précipitent par la chaleur; elles se troublent à froid par les sels de calcium, comme Léon Lescœur l'a signalé dans sa Thèse de médecine (Lille, 1911). Il les a désignées sous le nom d'urines hypo-acides.

[1] Claude Bernard, *Leçons sur le diabète et la glycogénie animale*, p. 390. Baillère, éditeur, Paris, 1877.

L'objection qui venait à l'esprit et qui fut faite à Claude Bernard, c'est que, dans ses expériences mémorables, il réalisait une *glycosurie passagère* et non un *diabète*. Il répondit que « cette distinction n'a évidemment rien d'essentiel, rien d'absolu » ([1]), mais malgré de multiples recherches, il ne put réaliser une glycosurie de plus longue durée.

C'est qu'en effet dans cet ordre d'idées, la création, chez l'animal, d'une maladie permanente, comparable à celle qui est observée en clinique humaine, est d'une réalisation difficile.

Quand on lèse la base du cerveau d'un chien au niveau du tuber, on provoque aisément, ainsi que l'ont montré Jean Camus et Gustave Roussy, une polyurie abondante mais qui cesse en général en 2, 3 ou 4 jours. Cependant, ces mêmes auteurs ont obtenu des polyuries de quelques semaines, de plusieurs mois et de quelques années; ils ont réalisé ainsi un véritable diabète insipide. Certains animaux ont fourni en urine, pendant 24 heures, la moitié du poids de leur corps.

Quant au diabète sucré, Jean Camus et Gustave Roussy, ainsi que d'autres auteurs, n'ont obtenu chez le chien, par des lésions analogues, que des glycosuries passagères, jamais de durables.

Variant les conditions expérimentales, nous nous sommes adressés au lapin, essayant de réaliser chez lui des lésions irritatives et permanentes du tuber à l'aide de corps étrangers (tubes capillaires, remplis d'acides gras, de talc, etc.).

Nous avons ainsi réussi en lésant, non plus le plancher du quatrième ventricule, comme le faisait Claude Bernard, mais la région du tuber à obtenir un diabète sans comparaison plus durable, puisqu'il a pu se prolonger pendant plusieurs semaines.

Nous citerons quelques expériences :

Lapin 178 (poids, 1470^g; opération le 7 juillet 1922). — Il présente un diabète avec glycosurie intense du 22 août au 7 octobre. Les urines ont contenu jusqu'à 35^g, 47^g, $64^g,80$ de glucose par litre.

Lapin 294 (poids, $2^{kg},990$; opération le 4 mai 1923). — Le 14 mai, glycosurie abondante non dosée; les jours suivants de même; le 20 mai on trouve 13^g de glucose par litre. La glycosurie disparaît le 23 mai.

Lapine 293 (poids, $2^{kg},960$; opération le 4 mai 1923). — Le 19 mai on trouve 1^g de glucose par litre dans ses urines. Le 21 mai, $3^g,42$; puis les jours suivants les urines ne contiennent plus de sucre.

([1]) *Loc. cit.*, p. 391.

Lapin 202 (poids, $1^{kg},680$; opéré le 28 août 1922). — Glycosurie nette, mais peu abondante du 12 au 20 septembre.

Lapin 204 (poids, $2^{kg},310$; opéré le 28 août 1922). — Glycosurie nette, mais peu abondante durant du 16 au 25 septembre.

Dans ces recherches, la présence du glucose a été vérifiée par différentes méthodes de contrôle et par plusieurs chimistes (procédé de Bertrand, recherche des osazones).

La glycosurie, dans tous ces cas, est apparue tardivement; ce qui fait supposer qu'un processus inflammatoire secondaire a dû se développer et s'étendre à des centres importants.

Dans presque tous les cas les autopsies ont montré, non seulement une lésion du tuber qui a été constante, mais une atteinte de l'hypophyse. Les deux régions sont d'ailleurs très voisines et extrêmement limitées.

Nos coupes microscopiques, chez le lapin, ne sont pas terminées; mais des recherches de Jean Camus et Roussy ont montré que, chez le chien, la glycosurie peut être provoquée par une lésion du tuber sans atteinte de l'hypophyse.

Nos expériences établissent donc que la lésion du tuber, comparativement à la piqûre classique de Claude Bernard, est susceptible de créer chez le lapin un diabète infiniment plus durable.

MÉDECINE. — *Éclampsie puerpérale et phénomène de choc. Arrêt par la pilocarpine.* (*Recherches expérimentales*). Note de MM. **Lévy-Solal** et **A. Tzanck**, présentée par M. Widal.

Par une longue série d'expériences portant surtout sur le cobaye nous sommes arrivés à déterminer les points nouveaux suivants concernant la pathogénie et le traitement de l'éclampsie.

I. *Toxicité du sérum d'éclamptique.* — Nous avons pu préciser la toxicité déjà signalée (Tarnier et Chambrelent), mais aussi discutée et même mise en doute du sérum d'éclamptique. Nous avons constaté qu'à dose égale et même très supérieure (6 à 8 fois plus forte), le sérum de la femme enceinte ou non est inoffensif, comme il en est de la plupart des sérums d'animaux d'espèces diverses. Le sérum de la femme éclamptique tue presque à coup sûr l'animal.

L'injection au cobaye de sérum d'éclamptique provoque la mort en reproduisant des crises convulsives rappelant les crises éclamptiques.

II. *Absence de coagulation sanguine massive.* — Amenés à contrôler l'opinion émise à la société obstétricale de France (1911) que la mort par éclampsie serait due à une coagulation sanguine massive nous avons voulu par des injections préalables d'anticoagulants, conserver au sang sa fluïdité et par là éviter la mort. 70 pour 100 des animaux ainsi traités ont succombé et l'autopsie montrait l'absence de coagulation. D'autre part l'injection d'anticoagulants pratiquée au cours même de la crise n'a jamais empêché la mort des animaux bien qu'elle évitât toute coagulation.

III. *Analogie avec le choc colloïdoclasique.* — Trois ordres de faits nous amenaient à une pathogénie anaphylactique de la crise d'éclampsie :

Cliniquement la soudaineté des crises pouvant survenir même chez des femmes non albuminuriques.

Expérimentalement les crises de l'animal injecté rappelant par tant de points les accidents d'anaphylaxie passive (intervalle libre, prurit, crises convulsives).

Biologiquement la disparition de la toxicité du sérum (Hayem, Bar) par le chauffage à 55°, par le vieillissement, par la conservation à la glacière et surtout par l'absence d'accidents parfois par désensibilisation de l'animal; soit désensibilisation spécifique (Besredka) soit non spécifique (anticolloïdoclasie de Widal et Abrami) et c'est ainsi qu'ont agi très probablement les anticoagulants arsénicaux injectés préventivement.

IV. *Action empêchante du chlorhydrate de pilocarpine.* — Nous avons recherché si, conformément aux conclusions de MM. Tinel et Santenoise, nous pouvions empêcher le choc expérimental en faisant varier l'état du tonus vago-sympathique des animaux injectés, à l'aide d'agents divers (atropine, adrénaline, ésérine, pilocarpine).

Après avoir déterminé les doses non toxiques de ces substances pour le Cobaye, nous avons injecté simultanément une dose mortelle de sérum d'éclamptique avec chacun de ces corps. Or les résultats ont été exactement contraires à ceux auxquels on aurait pu s'attendre. L'atropine s'est montrée dénuée de toute action protectrice; seul le mélange sérum toxique-chlorhydrate de pilocarpine a permis la survie de l'animal dans une proportion supérieure à 80 pour 100.

Devant l'importance de ces résultats nous arrivons à une conception plus générale du phénomène et nous sommes conduits à étudier la possibilité, dans les mêmes conditions, d'empêcher toute anaphylaxie expérimentale.

PATHOLOGIE. — *Néoplasmes animaux et néoplasmes humains.* Note de M. **Bazin**, présentée par M. H. Vincent.

J'ai observé en 1919 une petite chienne d'environ 10 ans qui portait à la mamelle postérieure droite une tumeur ulcérée, à bords irréguliers, large de 5^{cm} à 6^{cm}, profonde de quelques millimètres. Cette tumeur, dont le début remontait à deux ans, s'était ulcérée quatre mois auparavant.

Au mois de février 1920, l'animal mourut de cachexie : l'autopsie révéla de gros ganglions abdominaux et l'examen histologique de la tumeur montra qu'il s'agissait d'un épithelioma.

Cette chienne était couverte de puces du type *Ctenocephalus canis*. Quelques semaines avant sa mort, un lot de 20 de ces insectes fût mis dans le pelage d'un chien âgé de 12 ans; un lot analogue dans le pelage d'un deuxième chien âgé de 11 ans. Ces deux chiens paraissaient sains.

Au mois de novembre 1921, le premier de ces chiens commença à maigrir, présenta des hémorragies intestinales et finalement succomba au mois d'août 1922. L'autopsie montra l'existence d'une tumeur ulcérée du rectum.

Le deuxième chien fut sacrifié au mois de janvier 1923; il ne présentait pas trace de tumeur. Il se peut que, dans le premier cas, il s'agisse d'une simple coïncidence.

On peut également attribuer aux puces du chien un rôle dans la transmission du cancer de ces animaux. La question est d'autant plus intéressante *que l'on observe des cancers chez des individus en contact avec des chiens ou des chats atteints de tumeurs malignes et vice versa.*

J'en ai réuni 10 exemples sur les 95 cas de tumeurs malignes qu'il m'a été donné d'observer; parmi celles-là, j'en rapporterai deux qui sont particulièrement instructives.

Dans le département de l'Orne, commune de Berjou, un petit hameau de 28 habitants, composé de 7 maisons, a été éprouvé exceptionnellement par le cancer. Sur les 11 décès qui s'y sont produits depuis 18 ans, 8 sont dus à des tumeurs malignes réparties de la manière suivante : en 1906, un cancer de l'estomac; en 1907, un de l'utérus; en 1909, du sein; en 1912, de l'intestin; en 1915, 1918 et 1920, trois de l'utérus; en 1922, un cancer du sein.

Or, en 1908, une chienne qui était soignée par la malade atteinte de tumeur du sein fut prise à son tour de tumeur de la mamelle, tumeur qui

s'ulcéra; son maître, qui affectionnait cet animal et l'amenait souvent dans sa chambre, fut atteint de tumeur de l'intestin et succomba en 1912.

Dans une commune voisine, Mlle D... possédait une petite chienne qui ne la quittait guère. Vers 1912, cet animal fut pris de tumeur de la mamelle, ulcérée et d'odeur fétide. En 1914, Mlle D... présenta des hématémèses et mourut en 1918 à l'âge de 61 ans d'un cancer de l'estomac; en 1919, dans la même maison, une autre chienne fut prise de tumeur de la mamelle et en 1922 son propriétaire fut atteint de tumeur de l'intestin.

Il faut noter que dans une maison située à 150^{m} plus loin, M. P. était mort d'un cancer secondaire du foie en 1913, et que son chien était mort 2 à 3 ans auparavant d'une tumeur du cou.

Dans le même village, il s'était produit également plusieurs années auparavant un décès par cancer de l'estomac.

Les huit autres observations montrent la coexistence, dans une même habitation, d'animaux porteurs de tumeurs, vivant en contact avec des malades atteints de tumeurs malignes.

En raison de la fréquence du cancer chez les chiens âgés, en raison aussi de la fréquence de cette maladie chez l'homme, il se peut que l'on se trouve en présence de coïncidences.

Dans le cas contraire, et si l'on admet l'origine parasitaire du cancer, on pourrait envisager l'hypothèse suivante :

Le *Ctenocephalus canis* irait puiser sur des animaux malades (chien, chat, souris et rat) l'agent inconnu du cancer; il le transmettrait à l'homme et aux animaux après une période d'incubation variant de plusieurs mois à plusieurs années [1].

Ainsi pourraient s'expliquer l'existence de maisons à cancer, de villages à cancer, des quelques cas de contagion de tumeurs malignes, des greffes d'animaux à animaux et cette hypothèse ne serait nullement en contradiction avec les cancers spiroptériens ni avec les cancers du goudron.

La séance est levée à 15^{h}30^{m}.

E. P.

---

[1] Malgré l'opinion classique, il me paraît que *Ctenocepalus canis* pique rarement l'homme. Sur un lot de 150 puces recueillies sur l'homme, une seule appartenait à l'espèce *Ctenocephalus*.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1923 (*suite*).

Les grands hommes de France : *Descartes*, par Louis de Launay. Paris, Payot, 1923, 1 vol. 19^{cm}.

Dictionnaire de Physiologie, par Charles Richet. Tome X, 2e fascicule, n° 29. Paris, Alcan, s. d.; 1 fasc. 27^{cm}.

Le savant, par Charles Richet. Paris, Hachette, s. d.; 1 vol. 17^{cm}.

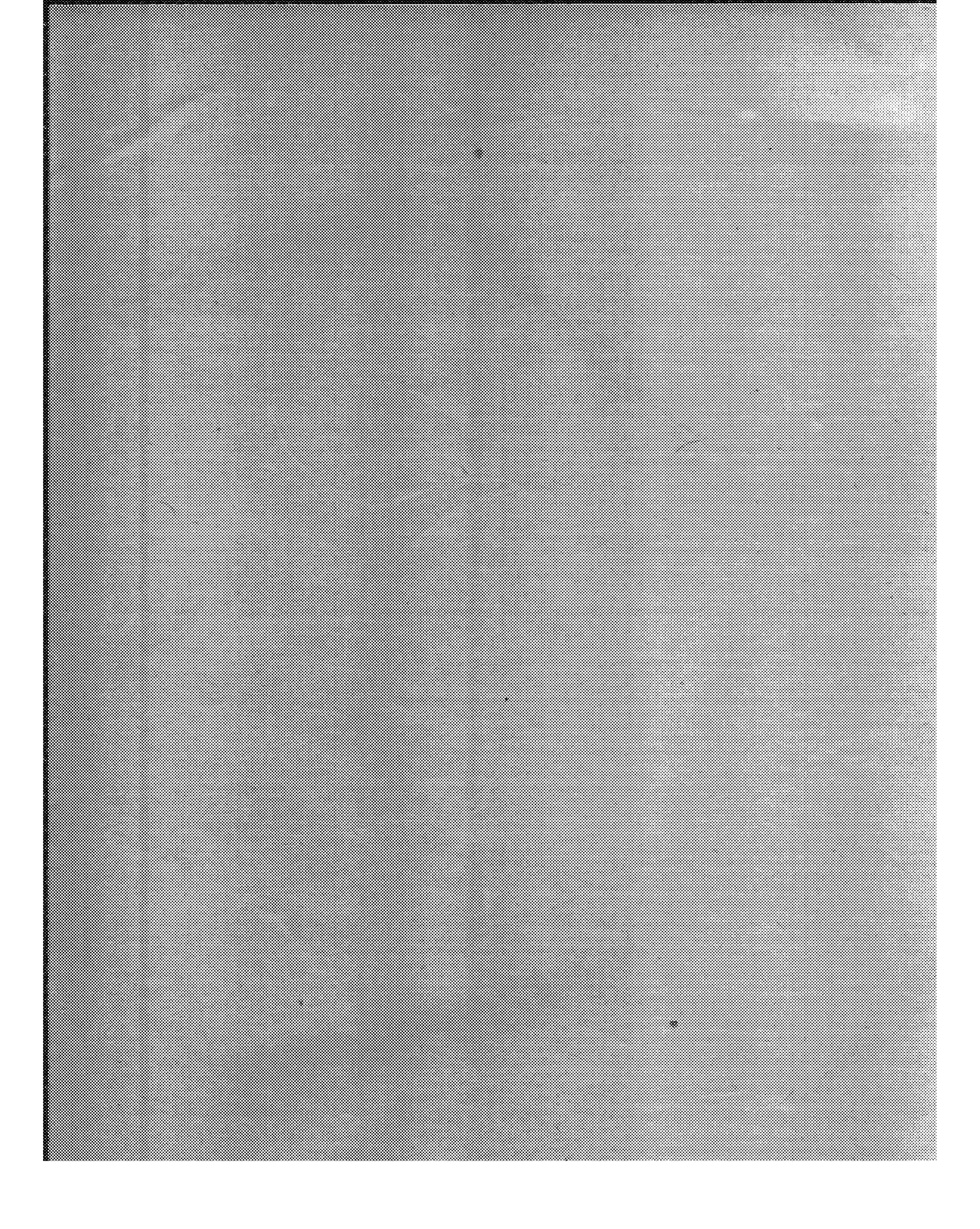
Inauguration du monument élevé à Dijon, par souscription internationale, à Henri Bazin. *Notice sur la vie et les œuvres de Henri Bazin*, par D. Eydoux. *Discours prononcé à Dijon à l'inauguration du monument.* Mâcon, Protat, s. d.; 1 fasc. 25^{cm},

Southern Tibet. Discoveries in former times compared with my own researches in 1906-1908, by Sven Hedin. Volume IV : *Kara-Korum and Chang-Tang*, 1922. Volume IV, Part I : *Die Meteorologischen Beobachtungen*, von Nils Ekholm, 1920. Volume VII : *History of exploration in the Kara-Korum mountains*, 1922. Volume VIII, Part I : *The Ts' Ung-Ling mountains*, by Sven Hedin and Albert Herrmann. Part II : *Die Westländer in der Chinesischen Kartographie*, von Albert Herrmann. Part III : *Zwei Osttürkische manuskripte Karten* unter mitwirkung von A. v. Le Coq. Herausgegeben von Albert Herrmann. Part IV : *Chinesische umschreibungen von Älteren Geographischen Namen*, Zusammengestellt von A. Herrmann, 1922. Volume IX, Part I : *Journeys in Eastern Pamir*, by Sven Hedin; Part II : *Osttürkische Namenliste*, von A. Lecoq; Part III : *Zur Geologie von Ost-Pamir*, von Sven Hedin, gesammelsen gesteinsproben, von Bror Asklund; Part IV : *Eine Chinesische Beschreibung von Tibet*, von Julius Klaproth, herausgegeben, von Erich Hänisch. *Das Goldstromland in Chinesisch-Tibetischen Grenzgebiete*, von Erich Hänisch; Part V : *General index*, 1922. 5 vol. 27^{cm}. Maps I et II. Stockholm, lithographic Institute of the general Staff of the Swedisch army; 2 vol. 38^{cm}.

Bibliothèque nationale de Sofia. *Inventaire des anciennes impressions de livres bulgares* (1802-1877), établi par Valierni Pogorelof. Sofia, Imprimerie Dourouavna, 1923; 1 vol. 24^{cm}. (Ouvrage entièrement rédigé en langue bulgare.)

Travaux de la station biologique de Roscoff, par Charles Perez. Paris, Presses universitaires de France, 1923; 1 fasc. 25^{cm}.

(*A suivre.*)



N° 2.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 9 Juillet 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

	Pages.
M. Gabriel Bertrand et Mlle S. Benoist. — Sur la nature du « cellosobiose »	85
M. André Blondel. — Sur les conditions de rendement des lampes-valves génératrices ayant une caractéristique d'arc électrique chantant et sur la définition de leur puissance	87
MM. V. Grignard et R. Escourrou. — Sur les méthylhepténols tertiaires (II). Leur hydrogénation catalytique	93
M. R. Bourgeois présente à l'Académie une étude publiée par le Service géographique de l'Armée sous le titre : « La nouvelle Carte de France »	96
M. H. Lecomte dépose pour la Bibliothèque de l'Institut un petit Ouvrage qu'il vient de publier sur « les bois coloniaux »	99

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance	99
M. Serge Bernstein. — Sur la meilleure approximation des fonctions possédant un point singulier essentiel	99
M. Nicola Obrechkoff. — Sur un problème de Laguerre	102
M. F. Sbrana. — Une distribution des masses avec une densité moyenne nulle, sans centre de gravité	104
M. Th. De Donder. — Synthèse de la gravifique	106
MM. André Kling et Arnold Lassieur. — Les solutions aqueuses	109
M. Pierre Bedos. — Sur l'orthophénylcyclohexanol et la lévamhydrine du cyclohexanediol-1.2	111
MM. Pierre Jolibois et Chassevent. — Sur la prise du plâtre	113
M. Victor Lombard. — Sur la perméabilité du nickel à l'hydrogène	116
M. Roger-G. Boussu. — Contribution à l'étude de la sursaturation	119
M. L.-J. Simon. — Oxydation du graphite par le mélange de bichromate d'argent et d'acide sulfurique	122
MM. H. Gault et P. Ehrmann. — Les éthers-sels cellulosiques solubles des acides gras supérieurs	124
MM. Max et Michel Polonovski. — Sur l'éséréthol-méthine et son alcoolate	127
M. F. Delhaye. — Relations entre les mouvements orogéniques et les grands effondrements de l'Afrique Centrale. Le Graben de la Lufira (Katanga)	129
Mlle Y. Boisse de Black. — Sur le mode de formation d'une *fraue* dans le Cantal	131
MM. Allyre Chassevent et Choucroun. — Mesure du degré d'ionisation des eaux minérales	133
M. H. Ricôme. — Croissance et héliotropisme	135
M. Jean Politis. — Sur l'origine mitochondriale des pigments anthocyaniques dans les fleurs et dans les feuilles	137
M. Piettre. — L'humus dans les terres à café, au Brésil	139
M. M. Aron. — Influence de la température sur l'action de l'hormone testiculaire	141
MM. A. Desgrez et H. Bierry. — Action de l'eau de Vichy sur la réaction urinaire	143
MM. Jean Camus, J.-J. Gournay et A. Le Grand. — Diabète sucré expérimental	146
MM. Lévy-Solal et A. Tzanck. — Éclampsie puerpérale et phénomène de choc. Arrêt par la pilocarpine. (Recherches expérimentales.)	148
M. Bazin. — Néoplasmes animaux et néoplasmes humains	150
Bulletin bibliographique	152

79751 — 7-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923
DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 3 (16 Juillet 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

Article 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le bureau de l'Académie la brochure intitulée : *Fondation Charles Gerhardt*, M. **A. Haller** ajoute :

L'Académie se rappelle que dès le retour de l'Alsace-Lorraine à la France, deux Comités se sont constitués pour honorer la mémoire de Charles Gerhardt et d'Adolphe Wurtz, tous deux enfants de Strasbourg.

Le petit fascicule que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie renferme un compte rendu détaillé de l'origine de la manifestation dont Charles Gerhardt a été l'objet, de la souscription qui fut ouverte, des sommes recueillies dans le monde entier parmi les admirateurs du Maître, et enfin des discours prononcés lors de l'inauguration des Fondations et du Médaillon Gerhardt.

Près de 120000^{fr} ont pu être consacrés à deux fondations, l'une à l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences et l'autre à la Faculté de Pharmacie de l'Université de Strasbourg, où Ch. Gerhardt a terminé sa carrière de savant et de professeur, fondations dont les arrérages sont destinés à encourager les recherches en chimie dans les deux établissements.

Si l'on ajoute à cette somme les dépenses occasionnées par la confection du Médaillon, la publication du Tome II de la *Correspondance de Gerhardt* et les frais divers de publicité et d'inauguration, on arrive à un total de près de 140000^{fr}.

Le chiffre élevé de cette souscription et la rapidité avec laquelle il a été atteint, dans les circonstances difficiles où la France se trouvait après l'armistice, témoignent assez de la haute considération dont jouit dans le monde entier l'homme et le savant qu'était Charles Gerhardt.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente, de la part de M. l'abbé **Verschaffel**, le catalogue des 1343 étoiles (dont 720 fondamentales), comprises entre $+43°$ et $-26°$, et observées à Abbadia en 1919, 1920 et 1921. Le nombre total des observations a été de 12706. On a aussi indiqué le nombre des observations dont on a tiré les coordonnées de chaque étoile. Il a paru utile aussi d'indiquer l'erreur probable des résultats; cette donnée, ajoutée au nombre d'observations, aidera à fixer le poids qu'on peut accorder à ces résultats.

MAGNÉTISME. — *Les propriétés magnétiques de l'éthylsulfate de gadolinium aux basses températures.* Note [1] de MM. **L. C. Jackson** et **H. Kamerlingh Onnes** [2].

L'étude des propriétés magnétiques du sulfate de gadolinium

$$Gd^2(SO^3)^4.8\,H^2O\ (^3)$$

a donné ce résultat important que la poudre cristalline, qui est fortement paramagnétique, obéit à la loi de Curie jusqu'à la plus basse température examinée (1°,9 K.) et que la susceptibilité est indépendante de l'intensité du champ, sauf aux températures extrêmement basses, où des phénomènes de saturation apparaissent, ainsi que l'exige la théorie du paramagnétisme de Langevin. Le fait que la substance suit la loi de Curie est probablement une conséquence de la « dilution magnétique » relativement grande de la substance, la partie « inerte » de la molécule (l'anion et l'eau de cristallisation) étant très grande en comparaison de la partie paramagnétique (les atomes de gadolinium).

Ce résultat suggère la possibilité d'autres recherches. On pourrait examiner, par exemple, si d'autres composés du gadolinium se comportent de la même façon à basse température, en particulier si des composés tout aussi dilués suivent également la loi de Curie. Ensuite, comme le sulfate de

---

(1) Séance du 2 juillet 1923.

(2) *Communication* n° 168 *a* du *Laboratoire de Physique à Leiden*.

(3) Kamerlingh Onnes et Perrier, *Proc. K. Akad. Amsterdam*, t. 14, 1911, p. 115; *Leiden Comm.*, n° 122 *a*. — Kamerlingh Onnes et Oosterhuis, *Proc. K. Akad Amsterdam*, t. 15, 1912, p. 322; *Leiden Comm.*, n° 129 *b*. — Kamerlingh Onnes, *Proc. K. Akad. Amsterdam*, t. 17, 1914, p. 283; *Leiden Comm.*, n° 140 *d*.

gadolinium appartient au système monoclinique, il serait très intéressant de déterminer les trois susceptibilités principales d'un cristal de cette substance en fonction de la température, et de comparer les phénomènes observés sur un pareil cristal avec ceux présentés par la susceptibilité moyenne, d'après les mesures faites sur la substance réduite en poudre. Comme nous ne disposions pas de cristaux suffisamment grands, nous n'avons pas pu faire cette dernière étude. Mais il nous a paru tout aussi utile de chercher un composé de gadolinium de grande dilution, suivant la loi de Curie et pouvant être obtenu en cristaux suffisamment grands, pour permettre l'examen de ses propriétés cristallomagnétiques. Nous avons trouvé une pareille substance dans l'éthylsulfate de gadolinium; sa dilution magnétique est très grande, on peut l'obtenir en cristaux relativement grands et, comme l'ont appris les recherches, elle suit la loi de Curie. M. le professeur Urbain eut l'obligeance de mettre à notre disposition une certaine quantité de cette substance; nous y avons trouvé divers cristaux relativement grands et bien formés. Ceux-ci furent mis à part pour servir à l'examen décrit ci-dessous; une portion du reste fut pulvérisée et servit à la détermination de la susceptibilité moyenne.

L'éthylsulfate de gadolinium, $Gd(C^2H^5SO^4)^3 . 9H^2O$ est un exemple de substance paramagnétique fort diluée; sa dilution magnétique est, en réalité, plus que double de celle du sulfate de gadolinium. Par analogie avec cette dernière substance, on peut donc s'attendre certainement à ce que la moyenne de ses susceptibilités magnétiques principales suive la loi de Curie. Les résultats qui vont suivre prouvent que cette prévision se vérifia.

Les mesures sur la substance en poudre furent effectuées au moyen de l'appareil décrit par Kamerlingh Onnes et Perrier [1] et modifié par Oosterhuis [2]. Pour les détails nous renvoyons aux Mémoires cités.

La substance fut examinée dans un intervalle de températures s'étendant de la température ordinaire jusqu'à 14° K. environ, la température la plus basse que l'on puisse atteindre avec l'hydrogène liquide. Les résultats sont communiqués dans le Tableau suivant :

---

(1) Kamerlingh Onnes et Perrier, *Proc. K. Akad. Amsterdam*, t. 16, 1914, p. 689; *Leiden Comm.*, n° 139 *a*.

(2) Oosterhuis, *Proc. K. Akad. Amsterdam*, t. 16, 1914, p. 892; *Leiden Comm.*, n° 139 *b*.

T.	$\chi \times 10^6$.	χ_m.	χ'_m.	$\frac{1}{\chi'_m}$.	χ'_m T.
291,5 K	$34{,}2_5$	$0{,}0238_1$	$0{,}0240_6$	$41{,}5_6$	$7{,}01_3$
290,4	$34{,}4_7$	$0{,}0239_5$	$0{,}0242_0$	$41{,}3_2$	$7{,}02_8$
289,5	$34{,}6_8$	$0{,}0240_9$	$0{,}0243_4$	$41{,}0_8$	$7{,}04_6$
169,2	$59{,}1_3$	$0{,}0410_8$	$0{,}0413_3$	$24{,}2_0$	$6{,}99_3$
77,35	$131{,}_3$	$0{,}0912_1$	$0{,}0914_6$	$10{,}9_3$	$7{,}07_4$
77,3	$131{,}_2$	$0{,}0911_4$	$0{,}0913_9$	$10{,}9_4$	$7{,}06_4$
65,2	$154{,}_6$	$0{,}107_4$	$0{,}107_7$	$9{,}50_1$	$7{,}02_2$
20,39	$501{,}_4$	$0{,}348_3$	$0{,}348_6$	$2{,}86_9$	$7{,}10_8$
17,06	$597{,}_3$	$0{,}414_9$	$0{,}415_2$	$2{,}40_8$	$7{,}08_3$
14,56	$699{,}_1$	$0{,}485_7$	$0{,}486_0$	$2{,}05_8$	$7{,}07_6$

Dans la première colonne sont indiquées les températures, mesurées sur l'échelle Kelvin internationale provisoire ([1]), dans la seconde les susceptibilités spécifiques observées, dans la troisième les susceptibilités moléculaires, dans la quatrième les susceptibilités moléculaires corrigées pour l'influence de l'anion et de l'eau de cristallisation, d'après le travail de Pascal ([2]), et dans la cinquième on trouve le produit de la susceptibilité moléculaire corrigée et de la température absolue. Les valeurs peuvent être considérées comme exactes à 1 pour 100 près.

On voit que, au degré de précision des mesures, les nombres de la dernière colonne peuvent être considérés comme une constante, c'est-à-dire que l'*éthylsulfate de gadolinium obéit à la loi de Curie*. Cela peut être attribué pour la plus grande partie à la grande dilution magnétique de la substance, qui fait qu'il n'y a pas de champ intermoléculaire appréciable, et peut-être aussi en partie à la nature particulière du gadolinium même. Les susceptibilités étaient indépendantes du champ magnétique, ce qui indique que, dans tout l'intervalle de températures examiné, la substance est « purement paramagnétique ».

Le nombre de magnétons déduit de la valeur moyenne de la constante de Curie (dernière colonne du Tableau) est 37,3. Cette valeur est comparable à celle que Cabrera ([3]) déduisit des observations de Williams ([4]) sur l'oxyde de gadolinium Gd^2O^3 entre 20° et 300° C., savoir 37,91, et la

---

([1]) *Leiden Comm.* suppl., n° 34.

([2]) Pascal, *Ann. Chim. Phys.*, t. 15, 1912, p. 209.

([3]) Cabrera, *J. Chim. Phys.*, t. 16, 1918, p. 442.

([4]) Williams, *Phys. Rev.*, 2ᵉ série, t. 12, 1918, p. 158.

valeur 39,3 [1], déduite des mesures faites à Leyde sur le sulfate de gadolinium, dans l'hypothèse d'une complète mobilité et d'une indépendance mutuelle des deux atomes de gadolinium dans la molécule.

L'étude des susceptibilités principales d'un cristal d'éthylsulfate de gadolinium promettait donc d'être tout aussi intéressante que celle d'un grand cristal de sulfate de gadolinium. Mais, depuis la formation de ce dernier projet, un nouveau point de vue s'était présenté. On a vu qu'aux températures auxquelles les susceptibilités principales χ_1, χ_2, χ_3 du cristal suivent les lois $\chi_1(T + \Delta_1) = \text{const.}, \ldots$, la valeur de la constante est la même pour chacun des axes magnétiques principaux du cristal [2]. Si donc une substance en poudre suit la loi de Curie $\chi T = \text{const.}$ et *si* les valeurs de Δ dans les équations ci-dessus ont toutes trois le même signe [3], la seule valeur possible pour Δ_1, Δ_2 et Δ_3 est zéro et les trois susceptibilités principales doivent être égales à toute température, puisqu'elles suivent toutes trois la loi $\chi T = \text{const.}$ avec la même valeur de la constante. Ainsi donc, *si un cristal satisfait à ces conditions, il doit être magnétiquement isotrope, même s'il n'appartient pas au système cubique.*

Cela nous a poussés immédiatement à examiner si ce raisonnement s'applique à l'éthylsulfate de gadolinium. L'épreuve fut faite de la manière suivante. Un cristal intact fut monté dans un appareil ayant servi antérieurement à la mesure des susceptibilités principales des cristaux [4]. Cet appareil permet de déterminer la différence des susceptibilités d'un cristal dans un plan perpendiculaire à l'axe suivant lequel le cristal est suspendu, en mesurant le couple exercé sur le système dans un champ magnétique uniforme. Si les susceptibilités dans le plan perpendiculaire à l'axe de suspension sont égales, il ne peut pas y avoir de couple exercé sur le cristal par

---

[1] *Leiden Comm.*, suppl. n° 44 *a*. Cette valeur doit subir une petite correction à cause des propriétés diamagnétiques de l'anion et de l'eau de cristallisation. Mais cette correction ne dépasse problablement pas les limites d'erreur des expériences.

[2] Foëx, *Ann. de Phys.*, 9e série, t. 16, 1921, p. 174. — Jackson et Kamerlingh Onnes, *Proc. Roy. Soc.*, t. 102, 1923, p. 680. — Jackson, *Thèse de doctorat*, Leiden, 1923.

[3] Tel n'est pas toujours le cas, mais il en est probablement ainsi pour la plupart des substances. Des trois substances au sujet desquelles nous avons en ce moment des données, il y en a deux mesurées par Jackson pour lesquelles les trois valeurs de Δ sont positives, tandis que dans la troisième (mesurée par Foëx) deux Δ sont positifs et le troisième négatif.

[4] Jackson, *Thèse de doctorat*, Leiden, 1923.

le champ magnétique. Le cristal était monté de telle manière qu'on pouvait l'orienter de diverses façons autour de l'axe de suspension. On l'enlevait ensuite et on le remplaçait par un autre cristal, sur lequel on répétait les mêmes opérations. En opérant de cette façon nous avons déterminé les différences de susceptibilité pour un grand nombre d'orientations du cristal, arbitrairement choisies, et pour toute une série de cristaux. Dans aucun cas nous n'avons observé un couple de grandeur telle qu'il correspondît à une différence de susceptibilité de $\frac{1}{1000}$ au moins de la susceptibilité moyenne; il est donc établi avec une certitude assez grande que *les cristaux d'éthylsulfate de gadolinium sont magnétiquement isotropes à ce degré de précision.* Cette substance nous donne donc un exemple d'un cristal magnétiquement isotrope, bien qu'il appartienne au système hexagonal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique des amino-cyclohexanols.* Note [1] de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc.**

Les amino-cyclohexanols, à la fois amines et alcools secondaires, qui pourraient se prêter à d'importantes synthèses ne semblent connus que par l'orthoamino-cyclohexanol obtenu par M. Brunel en faisant agir l'ammoniaque sur l'oyde d'éthylène du cis cyclohexanediol [2]. Nous avons réussi à préparer ces composés par l'hydrogénation catalytique, sous pression, des nitro et aminophénols correspondants.

II. *Para aminocyclohexanol* $C^6H^{10}\begin{smallmatrix}\diagup OH\ (1)\\ \diagdown NH^2\ (4)\end{smallmatrix}$. — Une solution de 500^g de paranitrophénol dans 750$^{cm^3}$ d'alcool à 95° a été introduite avec du nickel divisé dans notre appareil réducteur relié avec un moteur qui permettait de l'agiter et communiquant intérieurement avec une bombe d'hydrogène comprimé. Après avoir chassé l'air par des introductions successives d'hydrogène, nous avons mis l'appareil en mouvement de va-et-vient, sous une pression d'une quarantaine de kilogrammes. Par le chauffage, la pression s'est élevée progressivement à 50^{kg}. Vers 90° nous avons constaté une dépression notable qui s'est renouvelée un certain nombre de fois lorsque par l'introduction d'hydrogène nous rétablissions la pression, jusqu'à ce qu'enfin, le gaz cessant d'être absorbé, le manomètre s'est maintenu à 50^{kg}, à cette même température de 90°. Le paranitrophénol s'est donc hydrogéné,

---

(1) Séance du 9 juillet 1923.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 6, 1905.

et, en calculant d'après les chutes successives de pressions la quantité d'hydrogène absorbé, nous avons trouvé qu'elle correspondait sensiblement à $3H^2$. Le liquide de l'appareil était uniquement constitué par l'aminophénol conformément à l'équation :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}OH\\NO^2\end{matrix}\right. + 3H^2 = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}OH\\NH^2\end{matrix}\right. + 2H^2O.$$

Dans une seconde expérience faite dans les mêmes conditions que la première, après avoir retrouvé à 90° et sous la pression de 50^{kg} l'absorption de $3H^2$, nous avons élevé la température en même temps que la pression. A 180°, sous la pression de 60^{kg}, il s'est produit une nouvelle absorption de 3^{mol} d'hydrogène. C'était le noyau benzénique qui s'hydrogénait à son tour d'après l'équation

$$\begin{matrix} & COH & \\ CH & & CH \\ CH & & CH \\ & CNH^2 & \end{matrix} + 3H^2 = \begin{matrix} & CHOH & \\ CH^2 & & CH^2 \\ CH^2 & & CH^2 \\ & CHNH^2 & \end{matrix}$$

On a ainsi le para aminocyclohexanol qui a été préparé, comme on vient de le voir, en deux phases, en partant du paranitrophénol.

Il paraissait évident qu'on l'obtiendrait directement en partant du para aminophénol. C'est, en effet, ce qui a lieu à 180° et sous la pression de 60^{kg}.

Le para aminocyclohexanol est séparé par simple distillation de sa solution alcoolique.

Le produit dérivé du nitrophénol est pâteux, légèrement jaunâtre; il distille de 235° à 250°, avec une petite quantité d'ammoniaque, d'aniline, de diphénylamine provenant de la première phase de la réaction, et laisse un résidu noir assez volumineux.

La réduction directe de l'aminophénol fournit un solide blanc, cristallisé, fusible à 64°-65°. Il distille de 235° à 245° en ne laissant qu'un léger résidu. Traité en solution benzénique par HCl gazeux, il s'échauffe et laisse déposer un chlorhydrate bien cristallisé qui fond à 90°.

III. *Ortho aminocyclohexanol* $C^6H^{10}\left\langle\begin{matrix}OH\ (1)\\NH^2(2)\end{matrix}\right.$. — Nous venons de voir que la réduction du paranitrophénol fournit à côté du composé principal une certaine quantité de produits de condensation et de destruction. La proportion de ces composés secondaires est beaucoup plus considérable dans la réduction de l'orthonitrophénol. De là vient qu'après l'avoir

séparé de sa solution alcoolique on obtient un liquide épais, incristallisable qui distille de 220° à 260° en laissant un résidu goudronneux.

La réduction de l'ortho aminophénol, effectuée dans les mêmes conditions de température et de pression que celle du para, fournit au contraire un ortho aminocyclohexanol blanc, cristallisé qui fond à 47° et qui distille à peu près en entier de 220° à 240°. Sa solution benzénique donne avec HCl gazeux des cristaux de chlorhydrate qui fondent à 75°.

Ces chiffres s'écartent de ceux de M. Brunel qui a trouvé 66° et 219° pour les points de fusion et d'ébullition de l'*o*-aminocyclohexanol et 175° pour le point de fusion de son chlorhydrate. Mais d'après le mode de préparation indiqué plus haut, ce savant n'avait qu'une seule amine, tandis que dans notre procédé de réduction catalytique nous devons nous trouver, soit pour l'ortho, soit pour le para aminocyclohexanol, en présence d'un mélange de cis et de trans. C'est en effet ce mélange que nous avons rencontré dans les préparations du même genre, cyclohexanediols, cyclohexanetriols, ainsi que l'a montré la séparation que nous avons réalisée de quelques-uns de ces isomères. En ce qui concerne les amino-alcools cycliques nous nous sommes bornés dans cette Note à indiquer le procédé catalytique qui permet d'obtenir facilement et en grande quantité ces composés dont la séparation et les dérivés feront l'objet de nouvelles recherches.

MÉDECINE. — *Acquisitions nouvelles sur la rougeole. (Vaccination préventive. Conditions de la contagion.)* Note de MM. **Charles Nicolle** et **E. Conseil.**

Nos recherches sur la rougeole ont commencé en 1911. La publication contemporaine par Anderson et Goldsberger des résultats remarquables de leurs expériences sur le singe a fait dévier de leur objet nos recherches entreprises sur les mêmes points; nous nous sommes bornés à préciser quelques détails de leur étude. A partir de cette date, nous nous sommes uniquement attachés à déterminer les conditions de la contagion, en même temps qu'à découvrir une méthode de vaccination préventive. C'est l'ensemble actuel des constatations, inédites ou non, que nous avons faites qu'on trouvera exposé dans cette Note. Les points nouveaux feront l'objet de publications détaillées.

I. *Méthodes de vaccination préventive.* — La gravité de la rougeole tient à deux causes : sa contagiosité pour ainsi dire fatale, la gravité de ses compli-

cations, surtout en milieu hospitalier où elles sont fréquentes et redoutables. Puisque aucun enfant ne peut échapper à la contagion, il était légitime qu'on cherchât à lui faire contracter la rougeole en le plaçant dans des conditions (saison, isolement, soins), qui lui permettent d'éviter les complications.

Plusieurs essais avaient été réalisés dans ce but en plaçant des enfants indemnes en *contact* avec un rougeoleux; mais ce procédé empirique abandonnait au hasard la direction des événements.

Nous avons d'abord tenté d'inoculer aux enfants, dans un but préventif, *le sang de rougeoleux ou de singes infectés*, dosé et modifié par la chaleur ou autrement. La maladie obtenue n'a jamais excédé la gravité d'une rougeole bénigne et nous n'avons noté aucune complication.

Ce procédé ne pouvait être qu'un pis aller. Nous lui avons bientôt substitué l'emploi du *sérum des convalescents*, méthode dont nous avions constaté l'efficacité pour la prévention du typhus en milieu épidémique ou pendant l'incubation de la maladie. L'usage de cette méthode s'est aujourd'hui généralisé et les gains de vies enfantines qu'elle a permis se comptent déjà par milliers. Nous confirmons, par notre propre expérience, que le sérum doit être recueilli du 6e au 10e jour de l'apyrexie, que l'emploi d'aiguilles vaselinées permet une récolte plus grande du sang. Nous ajoutons que le sérum conserve ses propriétés préventives deux ans au moins à la glacière, et que les quelques échecs constatés, tenant tantôt à un pouvoir préventif faible, tantôt et surtout à la dose minime inoculée, il est bon d'employer un mélange de sérum et d'en injecter au moins 10$^{cm^3}$.

Le *sang complet* (citraté ou non) peut être substitué au sérum en cas d'urgence ou de manque de matériel.

Nous ignorons la durée de l'immunité conférée par le sérum de convalescent. Elle est suffisante pour protéger l'enfant de la contagion immédiate (hospitalière ou familiale) surtout si l'on prend la précaution de l'y soustraire aussitôt que possible. Elle ne peut excéder quelques semaines. Nous lui avons substitué récemment la *sérovaccination*, qui consiste dans l'inoculation successive à l'enfant qu'on veut protéger d'un sérum de convalescent (10$^{cm^3}$) et, 24 heures après, du sang d'un rougeoleux (1$^{cm^3}$). La méthode est inoffensive et l'immunité obtenue est sans nul doute plus durable. En répétant les inoculations de sang virulent, elle deviendrait sans doute définitive.

II. Conditions de la contagion. — 1° *Durée de la période contagieuse.* — Nous pouvons la juger par la durée de la virulence du sang. Nous avons

déjà montré que le virus morbilleux s'y rencontrait dès l'apparition de la fièvre, avant l'éruption. Nous pouvons ajouter aujourd'hui que le sang est encore virulent le lendemain de la chute thermique. La durée de la période contagieuse excède donc les limites de la maladie observable.

2° *Immunité par première atteinte. Rôle des anciens rougeoleux dans la conservation du virus et dans les épidémies.* — L'opinion classique est que, sauf exception, la rougeole ne récidive pas. Cette opinion est exagérée. La rougeole a pu être réinoculée à des rougeoleux guéris depuis deux ans ou plus. La nouvelle atteinte est ou typique ou bénigne, ou bien se réduit à une ascension thermique passagère sans éruption.

Il était difficile d'expliquer, avec la conception de l'immunité durable des guéris, l'entretien du virus dans la nature et le retour des épidémies; il fallait supposer des passages réguliers du virus, à 14 jours de distance, d'enfants tombés malades à enfants neufs. Il est plus aisé de comprendre cet entretien permanent du virus dans notre espèce, puisqu'il est prouvé que les anciens rougeoleux peuvent contracter une infection nouvelle. La bénignité de celle-ci empêche seule d'en reconnaître la nature. Certains rhumes éphémères ne sont que des secondes rougeoles atténuées et contagieuses. Ainsi vraisemblablement se conservent d'autres maladies contagieuses; pour la coqueluche, certaines observations (coqueluches nasales, coqueluches des vieillards) ne laissent à ce sujet aucun doute.

Nous n'avons pu mettre en évidence jusqu'à présent la présence du virus morbilleux dans le sang des personnes guéries qui ne réagissent pas à une inoculation nouvelle. On sait que le sang des cobayes présentant une immunité naturelle vis-à-vis du virus exanthématique est cependant virulent pendant la période correspondant à la fièvre qu'ils ne témoignent pas à la suite de la réinoculation. Immunité naturelle et immunité acquise ne sont pas identiques; néanmoins il y a lieu de penser que ces *infections inapparentes*, ainsi que nous les avons désignées (Ch. Nicolle et Ch. Lebailly) jouent un rôle dans la conservation des deux virus et par là dans la contagion.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Guerre et des Pensions invite l'Académie à désigner deux de ses membres qui feront partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1923-1924, en remplacement de MM. *Deslandres* et *Le Chatelier*, membres sortants et rééligibles.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthür. Fascicule XXI, Partie I. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Comptes rendus du deuxième Congrès international d'Histoire de la Médecine*, Paris, juillet 1921, recueillis et publiés par MM. Laignel-Lavastine et Fosseyeux. (Présenté par M. Widal.)

ASTRONOMIE. — *Mesures de parallaxes stellaires à l'Observatoire Dearborn.* Note de M. **Philip Fox**, présentée par M. H. Deslandres.

La liste suivante de parallaxes est la continuation des listes publiées déjà dans les *Comptes rendus* le 2 juin 1919, le 25 avril 1921 et le 27 février 1922. La méthode suivie pour l'observation et le calcul est exactement celle des publications précédentes.

Parallaxes stellaires déterminées à l'Observatoire Dearborn (¹).

N°	Étoiles B. D.	Æ (1900).	δ (1900).	Grandeur.	P.	C. S.	Parallaxe relative.	Mouvement propre en ascension droite.	Mesuré par
	°	h m	° ′						
1.	85 (412)....	0.02	86.14	8,4	17	3	+0,035±0,011	+0,319±0,004	Hill
	85 (2)......	0.06	86.10	8,9	17	3	+0,028±0,009	+0,166±0,003	
2.	43 (44).....	0.13	43.27	8,3	12	8	+0,304±0,014	+2,884±0,006	Hill
	B.......			10,5	12	8	+0,252±0,009	+2,880±0,004	
3.	75 (36).....	0.38	75.23	7,9	18	4	+0,058±0,012	+0,374±0,004	Hill
4.	63 (137)....	1.00	63.24	8,5	20	5	+0,060±0,008	+1,500±0,003	Tibbles
5.	65 (209)....	1.45	65.57	8,6	16	5	+0,011±0,009	+0,304±0,003	Hill
6.	32 (354)....	1.52	32.41	8,8	18	6	+0,021±0,008	−0,104±0,003	Tibbles
7.	34 (440)....	2.22	34.58	8,6	18	4	−0,012±0,010	+0,155±0,004	Hill
8.	42 (550)....	2.28	42.21	8,0	12	5	+0,057±0,013	+0,426±0,020	Tibbles
9.	15 (395)....	2.45	15.18	9,0	16	5	+0,107±0,010	+0,314±0,004	Hill
10.	45 (669)....	2.45	45.34	9,0	11	6	+0,015±0,007	+0,512±0,011	Fox
11.	51 (658)....	2.50	52.05	9,1	20	7	+0,254±0,009	+0,386±0,003	Hill
12.	25 (495)....	3.03	25.58	8,0	15	6	+0,066±0,012	−0,202±0,003	Hill
13.	51 (722)....	3.15	51.59	9,0	12	6	+0,029±0,011	−0,310±0,017	Crump
14.	60 (762)....	3.46	60.53	7,8	12	3	+0,061±0,012	+0,462±0,004	Hill
15.	75 (154)....	3.48	75.53	8,2	14	6	+0,051±0,009	+1,353±0,004	Wylie

(¹) Dans le Tableau, la colonne marquée P donne le nombre des plaques photographiques qui ont servi à la détermination de la parallaxe. La colonne marquée C. S. donne le nombre des étoiles de comparaison.

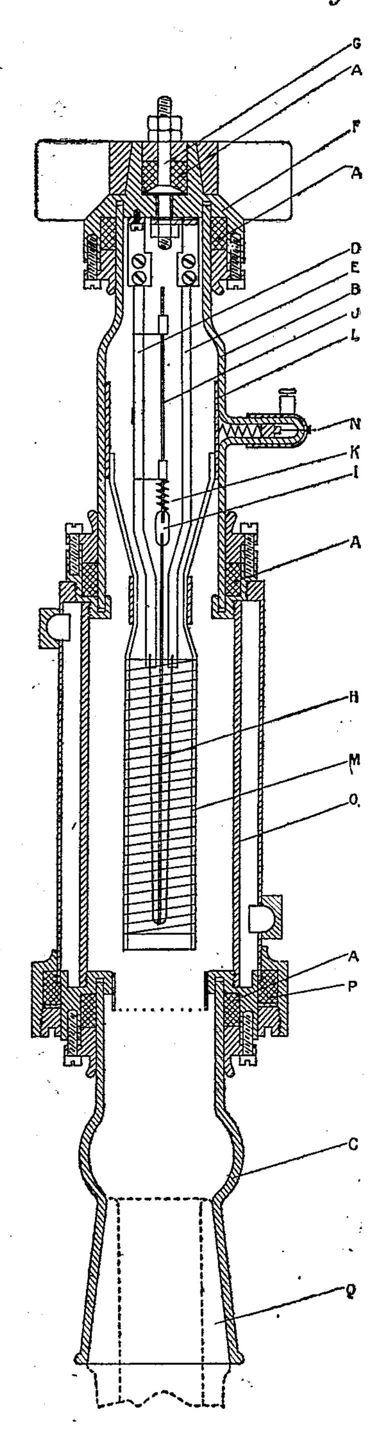
Parallaxes stellaires déterminées à l'Observatoire Dearborn (suite).

N°	Étoiles B. D.	Æ (1900).	δ (1900).	Grandeur.	P.	C. S.	Parallaxe relative.	Mouvement propre en ascension droite.	Mesuré par
	°	h m	° ′						
16.	54 (902)....	5.23	54.35	7,5	18	6	+0,073±0,007	−0,128±0,002	Hill
	B.......			9,2	18	6	+0,021±0,008	−0,117±0,003	
17.	53 (1320)...	9.08	53.07	7,8	19	6	+0,217±0,017	−1,535±0,005	Hill
	53 (1321)...	9.08	53.07	7,8	19	6	+0,212±0,016	−1,525±0,004	
18.	−11 (2741)...	9.46	−11.49	9,1	13	6	+0,095±0,007	+1,159±0,003	Hill
19.	15 (2276)...	10.56	15.33	7,9	15	7	+0,101±0,028	−0,001±0,007	Hill
						4	+0,123∓0,020	−0,003±0,005	Seconde solution
20.	10 (2391)...	12.08	10.36	8,1	12	4	+0,020±0,020	+0,224±0,006	Hill
	10 (2392)...			7,7	12	4	+0,075±0,017	+0,067±0,085	
21.	17 (2785)...	14.42	16.57	8,9	13	5	+0,089±0,014	−0,078±0,007	Tibbles
22.	11 (2910)...	16.01	10.57	8,6	13	5	+0,033±0,013	−0,474±0,024	Hill
23.	22 (3406)...	18.29	22.15	9,1	16	7	+0,083±0,011	−0,145±0,013	Hill
24.	*Nova Aquilæ.*	18.42	0.03	8,9-10	12	4	−0,004±0,013	−0,016±0,019	Fox
25.	10 (3665)...	18.44	10.39	7,7	14	6	+0,099±0,011	+0,129±0,009	Hill
26.	18 (3911)...	18.56	18.56	9,3	15	5	−0,010±0,009	−0,235±0,012	Hill
						3	−0,001±0,011	−0,238±0,015	Seconde solution
27.	−20 (5385)...	18.58	−20.35	9,0	19	4	+0,025±0,015	−0,237±0,005	Hill
28.	− 0 (3788)...	19.31	− 0,07	8,0	12	6	+0,019±0,008	−0,009±0,006	Hill
						3	+0,017±0,010	−0,002±0,007	Seconde solution
29.	45 (3371)...	20.59	45.29	8,0	20	5	+0,070±0,009	+0,386±0,002	Hill
	45 (3374)...			6,7	20	3	+0,024±0,014	+0,002±0,003	
	45 (3368)...			9,4	20	3	+0,019±0,008	−0,046±0,002	
30.	− 3 (5577)...	23.04	− 2.48	8,2	13	5	+0,063±0,014	+0,596±0,014	Hill
31.	−14 (6437)...	23.14	−14.22	8,2	21	3	+0,045±0,011	−0,574±0,003	Hill

ÉLECTRICITÉ. — *Lampe démontable de grande puissance pour T. S. F.* Note de M. **Holweck**, présentée par M. G. Ferrié.

Lorsqu'on veut réaliser un appareil thermionique (valve, tube à rayons X ou triode) susceptible d'être vidé de gaz une fois pour toutes, on est forcé d'employer dans la construction de celui-ci uniquement des substances pouvant être chauffées sans décomposition telles que le verre, le quartz ou les métaux et ne présentant pas de tension de vapeur; les différentes parties de l'appareil sont réunies par des soudures, ce qui rend tout démontage impossible. La rupture d'un filament, la fusion d'une quille ou le vide devenu insuffisant à la suite d'une grosse surcharge, entraînent la perte totale d'un instrument coûteux lorsqu'il est de grande puissance.

Une autre solution consiste en la construction d'un appareil démontable,


G
A
F
A
D
E
B
J
L
N
K
I
A
H
M
O
A
P
C
Q

les différentes pièces isolantes et métalliques étant réunies par des joints. L'anode est refroidie par une circulation d'eau et une pompe fonctionnant en permanence devient alors nécessaire pour entretenir le vide dans l'instrument qui ne peut être purgé de gaz.

Description. — La figure représente la coupe d'une triode de 10 kilowatts du type de celles actuellement en service au poste de la Tour Eiffel.

Les joints sont constitués par des bagues A de caoutchouc exempt de matières volatiles et de soufre en excès. Ces bagues sont placées autour des pièces de verre B et C, plus haut que la base des tubes et sont serrées par des brides formant presse-étoupe. Le joint ainsi constitué est étanche et facilement démontable. La matière plastique n'a qu'une faible surface de contact avec le gaz à basse pression.

Le filament est porté par deux tiges de nickel DE qui sont fixées dans la pièce métallique F. Une électrode isolée G sert à amener le courant à la tige E, l'autre extrémité D est réunie à la masse.

Une tige de molybdène, formée de deux parties isolées JH et poussée par un ressort K, sert à assurer la tension du filament. Un radiateur à ailettes augmente la surface de refroidissement de la tête.

La grille M, en molybdène, est portée par un anneau fendu L entrant à frottement dans le tube B. Une électrode soudée N permet d'établir la communication électrique avec la grille.

La « plaque » est constituée par un cylindre de cuivre rouge, refroidi par l'eau circulant entre le tube O et un autre tube P. Les inégalités de dilatation qui se produisent entre ces deux pièces lorsque le tube O reçoit beaucoup d'électrons sont permises au moyen d'un joint élastique P. Un thermomètre, non représenté, indique la température de l'eau à sa sortie et permet ainsi la mesure du rendement.

L'auteur a utilisé, pour entretenir le vide dans la triode, la pompe moléculaire hélicoïdale décrite dans une précédente Note [1].

A cet effet, la pièce de verre C repose sur le cône rodé Q de la pompe. L'ensemble de la lampe et de la pompe étant étanche, le vide préparatoire n'y est fait qu'à de longs intervalles.

Caractéristiques et résultats. — Le filament est constitué par 36^{cm} de tungstène cylindrique de $0^{cm},05$ de diamètre, alimenté par deux moitiés montées en parallèle, le courant de chauffage est de 36 ampères, la température du filament 2700° abs. et le courant de saturation 6 ampères environ.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 43.

La grille est une hélice de $1^{cm},8$ de diamètre au pas de $0^{cm},3$ faite avec du fil de molybdène de $0^{cm},04$. La plaque a $4^{cm},5$ de diamètre et 11^{cm} de long.

Avec une tension plaque de 5000 volts, la puissance mise dans l'antenne de la Tour Eiffel est de 8 kilowatts, soit 35 ampères. Avec 4000 volts la puissance dans l'antenne est encore de 5,8 kilowatts (30 ampères). Le rendement est de l'ordre de 80 pour 100. Le temps de mise en marche de la triode est celui de la mise en vitesse de la pompe, soit 30 secondes environ. Un essai en usage permanent est actuellement en cours au poste de la Tour Eiffel; à cet effet, une lampe démontable assure exclusivement le service de radiotéléphonie depuis le 23 mai. La puissance mise dans l'antenne, avec une bonne modulation, est de 5 à 6 kilowatts.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Une vérification expérimentale de la théorie des spectres de rayons Röntgen dus à une ionisation atomique multiple.* Note [1] de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Note [2], nous avions émis l'hypothèse, pour rendre compte de la complexité des séries de haute fréquence des éléments légers, que les lignes supplémentaires observées correspondaient à des combinaisons ayant lieu entre niveaux dont l'un, — celui de plus basse fréquence — présentait une énergie différente de sa valeur habituelle par suite du départ d'un ou plusieurs des électrons le garnissant normalement. M. G. Wentzel [3] a développé une théorie analogue dans laquelle l'ionisation multiple était appliquée aux deux systèmes de niveaux. Nous ajoutions que ce « spectre d'étincelle » ne devait pas apparaître si l'ionisation intense, provoquée au foyer par le faisceau cathodique, pouvait être évitée, par exemple en excitant le spectre par fluorescence. Dans le premier cas, en effet, le rendement énergétique est extrêmement faible et, comme on le sait, de l'ordre du millième. Dans le second, il est considérablement plus élevé et peut devenir presque intégral. Il était donc intéressant de chercher à obtenir par fluorescence un spectre plus intense qu'un obtenu par bombardement cathodique et montrant des raies d'étincelle, comme le doublet $K\alpha_3\alpha_4$ des éléments légers en est un exemple. La difficulté expérimentale était cependant assez grande par suite de la faiblesse des raies de ce genre.

(1) Séance du 9 juillet 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, février 1922, p. 443.

(3) *Ann. der Phys.*, t. 66, mars 1922, p. 437.

et de leur proximité des raies normales ce qui exigeait une dispersion élevée.

Nous avons étudié à cet effet la série K du fer [1] en fixant, devant la fente collimatrice axiale interne de l'un de nos tubes de quartz, une lame de ce métal (1^{cm^2}) vue à travers la fente sous une incidence rasante et irradiée latéralement, à 1^{cm} de distance, par un large foyer (1^{cm^2}) produit sur une anticathode excentrée. La fente collimatrice et son radiateur, étant électriquement isolés, prenaient dès la mise en route du tube et sous l'influence des rayons cathodiques diffusés, le potentiel de la cathode. Ils n'étaient plus ensuite soumis à aucun bombardement. Le rayonnement direct issu de l'anticathode ne pouvait traverser la fenêtre transparente qui était de cellophane.

Dans ces conditions nous avons pu obtenir des clichés intenses en posant une vingtaine d'heures, avec une puissance de 800 watts. Une pose d'une demi-heure suffirait pour une recherche analytique. Le fond continu est pratiquement éliminé comme M. de Broglie [2] l'avait déjà montré et la méthode paraît même susceptible de remplacer avantageusement celle par bombardement cathodique lorsque la conductibilité thermique de la substance étudiée est faible (oxydes, sels métalliques, etc.). La fente collimatrice étant la même que pour nos spectres d'anticathode et la dispersion identique (6X par millimètre), les clichés montrent immédiatement que le doublet $K\alpha_3\alpha_4$ n'est plus excité dans ces conditions. Par contre, la ligne de Hjalmar $K\beta'$ (qui n'est pas la combinaison M_5K ni une ligne d'étincelle) est visible. La ligne $K\gamma$, qui est due aux deux électrons superficiels du fer N_8 et N_9, est visible. Elle est beaucoup plus faible que dans le groupe du palladium. Les rapports d'intensité des raies ne sont pas modifiés.

II. L'existence des niveaux d'ionisation hypothétiques, que nous avions désignés par $\mathcal{L}_{3,4}$ et $\mathcal{L}_{5,6}$ pour rappeler l'origine des satellites $K\alpha_3\alpha_4$ et $K\alpha_5\alpha_6$ des éléments légers, semble, en outre, confirmée d'une manière directe par des expériences récentes de Mohler et Foote sur les hauts potentiels d'ionisation [3] des vapeurs de phosphore, de soufre et du chlore. Ces

---

[1] Le doublet $K\alpha_3\alpha_4$ de cet élément est bien distinct du doublet $K\alpha_1\alpha_2$ et il est beaucoup plus intense que celui du cuivre.

[2] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1493; *Journ. de Phys.*, juillet 1916.

[3] L'application du principe de combinaison dans les spectres des rayons Röntgen permet l'interprétation des hauts potentiels observés pour les seuils d'ionisation des vapeurs à l'état atomique. C'est ainsi que le potentiel de 42 volts trouvé par Einsporn (*Zeits. für Phys.*, t. 4, 1921, p. 280) pour la vapeur de mercure s'identifie bien avec le niveau $O_{1,2,3}$. Les potentiels de 10,5, 21 et 52 volts observés par Mohler et Foote pour l'iode atomique sont respectivement les potentiels $P_{1,2}$, $O_{4,5}$ et $N_{4,5}$.

savants ont en effet trouvé trois potentiels d'ionisation voisins qui s'identifient bien avec $L_{1,2}$, $\mathcal{L}_{3,4}$ et $\mathcal{L}_{5,6}$ respectivement. Le Tableau suivant compare les énergies (exprimées en fréquences rapportées à celles de Rydberg), que nous avions calculées par les combinaisons, et celles observées expérimentalement :

	$\mathcal{L}_{5,6}$.		$\mathcal{L}_{3,4}$.		$L_{1,2}$.	
Éléments.	Obs.	Calc.	Obs.	Calc.	Obs.	Calc.
P (noir).......	7,00	6,76	8,10	8,67	9,30	9,63
S.............	9,0	8,68	»	10,8	11,2	11,8
Cl (ion Cl⁻)...	11,6	10,9	12,9	13,5	14,6	14,1

Il semble donc que, dans les expériences de Mohler et Foote, l'ionisation ait été assez complète pour faire apparaître ces niveaux anormaux. Or, on sait que, dans la jauge à ionisation par exemple, elle est totale.

III. Les véritables lignes d'ionisation semblent, dans la série L, se faire de plus en plus rares. Dans une précédente Note [1] nous avions signalé un faible satellite de haute fréquence par rapport à la ligne $L\gamma_1$ du baryum (2067,5 X) et l'avions interprété comme une telle ligne. Or, il nous paraît aujourd'hui certain que cette raie (γ_{12}), qui doit être un doublet, n'est pas autre chose que le troisième terme : $O_{2,3}L_3$ d'une seconde série L_3 de formule $(2, s) - (m, d)$ où $m = 3$, 4 et 5. Le premier terme est constitué par les lignes β_8 et β_9 et le second l'est par γ_9 qui doit aussi être un doublet. Cette série correspond à une variation de deux unités du quantum azimutal. Ses termes présentent exactement les mêmes caractères et les mêmes rapports d'intensité que ceux de la série L_3 normale $(2, s) - (m, p)$, mais ils sont environ cent fois moins intenses. Les raies que nous avions tout d'abord considérées comme exclues se classent donc, elles aussi, en séries du type optique [2] si bien que la symétrie du système, que M. L. de Broglie et nous avons obtenu, devient complète.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les rayons β secondaires produits dans un gaz par des rayons X.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai cherché dans ce travail à obtenir, à l'aide de la méthode C. T. R. Wilson, quelques précisions sur les trajectoires des électrons arrachés aux

---

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1543.

(2) Le doublet exclu β_{11} *s* est probablement, lui aussi, le premier terme d'une série : $(2, p) - (m, p)$.

atomes d'un gaz par un faisceau de rayons X. Je signalerai ici les premiers résultats, surtout qualitatifs, obtenus en utilisant la photographie simultanée dans deux directions perpendiculaires. Ces résultats se rapportent à l'étude de la direction et de la structure des débuts des trajectoires.

1° Pour obtenir des trajectoires possédant de longues portions rectilignes, j'ai opéré en diluant dans l'hydrogène le gaz à étudier. Les atomes de ce gaz, plus lourds que ceux de l'hydrogène, absorbent seuls les rayons X et émettent des rayons β ; ceux-ci, peu déviés par leurs chocs dans cette atmosphère d'hydrogène, possèdent alors des débuts de trajectoires rectilignes sur plus de 5^{mm}.

Des mesures d'angles sont alors possibles sur les plaques, entre les directions respectives des rayons X incidents et des rayons β produits ; on peut en déduire les angles vrais dans l'espace. Ces mesures n'ont porté jusqu'ici que sur 40 rayons obtenus avec de l'azote, mais le résultat qualitatif ne semble pas douteux : 20 de ces rayons font, avec la direction de propagation des rayons X, des angles compris entre 80° et 100° ; les autres se distribuent, à mesure qu'ils sont plus obliques, en nombres décroissant rapidement. Cette concentration autour de la direction perpendiculaire est moins marquée avec des gaz plus lourds, comme le chlore.

Ce résultat paraît indiquer que l'électron obéit au vecteur électrique du rayonnement, mais que la vitesse qui lui est ainsi communiquée se compose avec une autre, de direction quelconque, qui est peut-être celle qu'il possédait dans l'atome, sur l'orbite où il circulait.

L'ordre de grandeur de ces vitesses intra-atomiques correspond pour le cas de l'azote à une dispersion de 10° de part et d'autre de la perpendiculaire.

2° Les photographies prises avec de l'argon seul montrent que l'origine des rayons est marquée, comme leur extrémité, par un amas d'ions. On ne peut l'attribuer au recul du reste positif de l'atome, qui ne possède qu'une énergie bien insuffisante pour ioniser. Dans l'hypothèse qu'il s'agissait d'un rayonnement mou émis à la suite de la sortie de l'électron, j'ai utilisé, pour amplifier le phénomène, la méthode qui vient d'être indiquée : la dilution dans l'hydrogène.

Dans ces conditions, la structure de l'origine devient apparente : on remarque la présence presque constante d'une trajectoire très ionisante de 1 à 2^{mm} de long qui part du même point que le rayon β secondaire, et se dirige dans une direction différente. Il y a donc émission d'un second électron plus lent. Ce résultat a été obtenu avec l'argon, le chlore, l'iode; les atomes plus légers, comme ceux de l'azote émettent des électrons lents de

si faible vitesse que leur trajet n'est rendu visible, même dans l'hydrogène, que par un amas d'ions.

Une étude rapide des propriétés de ces rayons β tertiaires a conduit aux remarques suivantes : leur vitesse, évaluée par les parcours, dépend de la nature de l'atome dont ils proviennent, et ne varie pas, au moins dans certaines limites, avec la fréquence du rayonnement X primitif. Par exemple, en opérant avec du chlore, les rayons β tertiaires parcourent 1^{mm}. Avec l'iode, ils dépassent 2^{mm}, et l'on commence à distinguer séparément les ions formés. Avec l'azote, ils n'atteignent sans doute pas $0^{mm},1$.

L'hypothèse suivante permet d'expliquer grossièrement ces phénomènes : Lors du départ du premier électron, sous forme du rayon β secondaire, une place est laissée libre dans le système électronique de l'atome excité. La chute d'un électron plus périphérique sur ce niveau s'accompagne de l'émission d'un quantum de rayonnement caractéristique. Ce quantum peut être absorbé dans l'atome même, et servir à la production, aux dépens des niveaux périphériques, d'un rayon β tertiaire : les caractéristiques de ce rayon seront alors celles qui ont été décrites précédemment. La répétition du même processus doit aboutir à la production d'un rayon quaternaire; et je crois en effet avoir observé de tels rayons dans le cas de l'iode.

L'explication précédente suppose que le quantum de radiation émis a beaucoup de chances d'être transformé dans l'atome même qui lui donne naissance : hypothèse qui s'accorde avec les observations effectuées sur les rayons γ des corps radioactifs (1), et avec les faibles rendements des anticathodes.

Cependant la radiation peut sortir de l'atome; elle serait alors absorbée dans le gaz, à une certaine distance, avec production du rayon β tertiaire, ainsi que l'a signalé C. T. R. Wilson (2). C'est peut-être à ce cas qu'il faut rapporter les aspects suivants, observés avec de l'argon seul où le rayon β tertiaire est réduit à un amas ponctuel : on voit quelquefois cet amas manquer à l'origine d'un rayon secondaire, et se retrouver à quelques millimètres de là. Le même aspect peut être observé avec l'azote dilué dans l'hydrogène. (Avec le chlore, le quantum est déjà trop pénétrant pour être absorbé dans le champ d'expérience.)

L'interprétation de ces remarques exigerait donc qu'un quantum émis en un point soit intégralement absorbé en un autre.

---

(1) Rutherford, Robinson and Rawlinson, *Phil. Mag.*, t. 26, p. 263. — Ellis, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, Part II et III.

(2) C. T. R. Wilson, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, vol. 21, Part IV.

RADIOACTIVITÉ. — *Entraînement du polonium avec l'hydrate de bismuth en solution sodique.* Note (¹) de M. **Escher**, présentée par M. G. Urbain.

Quand on précipite, par la soude, avec un excès de réactif, une solution acide de bismuth et de polonium, cet élément se répartit entre la phase solide et la phase liquide. Ayant reconnu ce fait, je me suis proposé de rechercher s'il existe une loi numérique exprimant cette répartition du polonium en fonction de la quantité de soude libre et de la dose de bismuth.

Mode opératoire. — Le bismuth et le polonium sont dissous dans 1^{cm^3} de HCl normal. On ajoute 2^{cm^3} d'une soude de titre variable (soude pure préparée avec du sodium, tous les deux jours).

On agite le système pendant 10 minutes, puis on sépare les phases qui se sont formées, par filtration ou par décantation.

On recueille le polonium contenu dans le liquide, au préalable acidifié, en le déposant sur une lame d'argent (carré de 4^{cm} de côté et $0^{mm},5$ d'épaisseur). La lame est maintenue pendant 45 minutes dans le liquide chauffé. On mesure par une méthode d'ionisation l'activité qui s'est déposée sur les deux faces.

Enfin, dissolvant le précipité dans HCl, on recueille, par le même procédé, sur la même lame, le polonium qu'il contient. Par une nouvelle mesure, on obtient la valeur de la dose totale du radioélément utilisé.

Causes d'erreurs. — Les filtres retiennent toujours par adsorption une petite quantité de polonium. Par des lavages répétés à l'eau bouillante (10 lavages), on réduit cette cause d'erreur à moins de 0,5 pour 100.

Le procédé de décantation conduit par contre à des valeurs trop fortes; le liquide est visqueux et il est impossible d'éviter l'entraînement dans le liquide décanté de particules solides. En employant les deux méthodes de filtration et de décantation, on a, en tous cas, une limite supérieure et une limite inférieure de la valeur exacte.

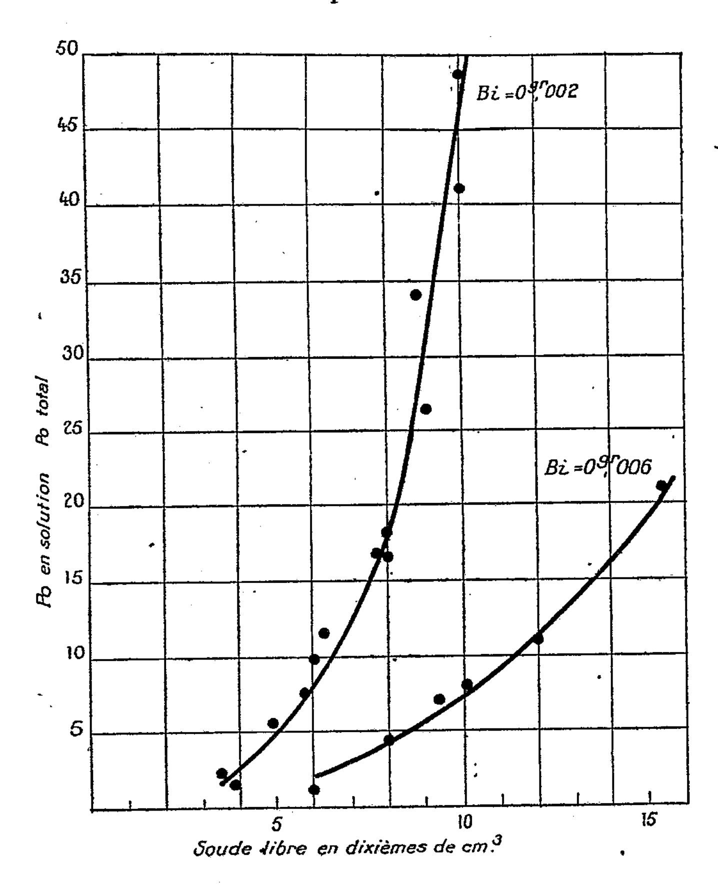
Par ailleurs d'autres erreurs s'introduisent dans l'évaluation des doses de polonium. Le dépôt de la substance active sur une lame métallique n'est jamais total. Il reste en solution un reliquat qui, avec les doses de polonium utilisées, peut atteindre 0,5 pour 100 de la quantité initiale. On doit noter que la présence de certaines substances organiques (phtaléine du phénol) gêne et empêche le dépôt.

Enfin, en recueillant l'activité sur les deux faces d'une lame, et en mesu-

---

(¹) Séance du 9 juillet 1923.

rant dans une chambre d'ionisation successivement les courants dus aux deux faces, on mesure deux fois le courant dû aux bords. Une expérience préalable a prouvé que cette cause d'erreur était minime. De plus en mesurant sur la même lame le polonium en solution et le polonium total, l'erreur commise sur le rapport de ces deux quantités est égale à la différence des erreurs relatives commises sur chaque mesure.



Résultats. — La répartition du polonium, entre les phases solides et liquides du système considéré, est nettement fonction du nombre de molécules de bismuth et du nombre de molécules de soude contenues dans un volume fixé du mélange.

On a pu construire deux courbes relatives à des quantités $0^g,002$ et $0^g,006$ de nitrate de bismuth. En abscisses on a porté le volume de soude libre en dixièmes de centimètre cube (soude 7 fois normale) contenu dans le système. En ordonnées on a le rapport entre la quantité de polonium en solution et la quantité totale.

CHIMIE PHISIQUE. — *Tensions de vapeur des mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau.* Note de M. N. YANNAKIS, transmise par M. Henry Le Chatelier.

L'étude de l'état moléculaire des chlorures dissous dans l'eau en présence d'acide chlorhydrique nous a conduit à établir tout d'abord l'isotherme d'ébullition des mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau à 50°. Des mesures de ce genre ont été déjà faites à d'autres températures par Allan (1), Dolezalek (2), Gahl (3), Bates et Kirschman (4). D'autre part, Lord Rayleigh (5) a déterminé les points d'ébullition de ces mêmes mélanges sous la pression atmosphérique. Tous ces auteurs ne donnent dans leurs résultats que la pression partielle de l'acide dans la vapeur; Bates et Kirschmann donnent, en plus, les éléments nécessaires au calcul de la pression totale; mais en règle générale la détermination directe de cette grandeur n'a pas été faite, sauf par Lord Rayleigh qui a opéré à pression constante.

Nous avons employé la méthode de Regnault pour la mesure des tensions de vapeur de l'eau pure, modifiée par Zawidzky (6). On mesure la pression pour laquelle le liquide se met à bouillir à une température déterminée et constante; les vapeurs produites se condensent dans un réfrigérant ascendant et retournent dans le liquide qui garde ainsi une composition fixe. Afin d'assurer une ébullition régulière nous avons employé un bouilleur électrique consistant en deux petites électrodes en platine soudées au fond du ballon; celles-ci présentent entre elles une faible différence de potentiel, voisine de la force électromotrice de polarisation du liquide; la gaine gazeuse qui s'y forme suffit pour entretenir l'ébullition sans produire de variation appréciable de température ou de concentration.

(1) *J. of Ph. Chem.*, t. 2, 1898, p. 120.
(2) *Z. für phys. Chem.*, t. 26, 1898, p. 334.
(3) *Ibid.*, t. 33, 1900, p. 178.
(4) *J. of Am. Chem. Soc.*, t. 41, 1919, p. 1991.
(5) *Phil. Mag.*, 6e série, t. 4, 1902, p. 521.
(6) *Z. für phys. Ch.*, t. 35, 1901, p. 129.

Enfin l'appareil est rendu plus maniable par l'adjonction d'un régulateur de pression qui permet d'amener la température exactement à la valeur voulue. Les pressions sont lues au moyen d'un cathétomètre, les températures sont repérées sur un thermomètre dont le réservoir plonge dans le liquide.

La pression et la température une fois mesurées, une partie des vapeurs est distillée dans un condenseur refroidi par de la glace et le liquide obtenu est analysé par dosage volumétrique de l'acide au moyen de soude titrée.

Nous donnons ici les résultats obtenus pour une série de solutions allant jusqu'à 28 pour 100 d'acide. Dans le Tableau suivant S et s représentent les teneurs pour 100 en HCl de la solution et de la vapeur respectivement; les x et x' fractions de molécule HCl pour 1^{mol} du mélange liquide et gazeux respectivement. P est la pression en millimètres de mercure.

S.	s.	x.	x'.	P.	
0	0	0	0	92	(Eau pure)
6,6	0,07	0,034	0,0005	81	
10,3	0,17	0,053	0,0008	75,5	
13,1	0,34	0,071	0,001	71	
17,1	2,4	0,092	0,011	63	
19,1	4,5	0,104	0,023	59	
19,2	5,3	0,105	0,027	58	
22,8	18,6	0,126	0,101	53	
23,6	23,1	0,132	0,129	52,5	
25,1	35,6	0,141	0,214	54	
28,7	87,3	0,166	0,773	85	

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation allotropique à 32° du nitrate d'ammoniaque.* Note de M. **P. Mondain Monval**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Comme corollaire à la loi de solubilité qu'il avait donnée précédemment, M. Le Chatelier [1] a mis en évidence les faits suivants relatifs aux transformations allotropiques : Deux variétés d'un même sel ayant des chaleurs

(1) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1606.

latentes de dissolution différentes doivent avoir des courbes de solubilité différentes. A leur point de rencontre, ces deux courbes ayant deux directions distinctes donneront un point anguleux.

En désignant par s la concentration moléculaire correspondant à un semblable point anguleux à la température t, par ds et ds' les accroissements de solubilité des deux variétés du sel pour une même élévation de température, on aura entre ces quantités et les chaleurs « limites » de dissolution de ces deux variétés à la température t, L et L', la relation rigoureusement exacte :

$$\frac{ds}{ds'} = \frac{L}{L'}.$$

Cette relation exprime que les tangentes trigonométriques des angles que font avec l'axe des températures les directions des deux courbes à leur point d'intersection, sont proportionnelles aux chaleurs de dissolution.

Je me suis attaché à donner de cette formule une vérification numérique en choisissant pour cette étude le nitrate d'ammoniaque. Ce sel présente vers 32° un point de transformation très net, observé de diverses manières par de nombreux auteurs. Cette température était, d'autre part, suffisamment voisine de la température ambiante pour permettre des mesures calorimétriques faciles et précises.

La partie la plus délicate du travail porte sur le tracé de la courbe de solubilité au voisinage de 32°. Le nitrate d'ammoniaque se dissout en effet dans l'eau en très grande quantité, mais la dissolution des dernières portions du sel demande un temps relativement long. Laissant de côté les résultats douteux de Schwarz et ceux de Mulder, plusieurs auteurs ont donné la courbe de solubilité de ce sel. Müller et Kaufmann [1] ont étudié la solubilité du nitrate d'ammoniaque de 12° à 40° par agitation prolongée en présence d'eau et dosage de l'ammoniaque par distillation et titrage.

Plus récemment encore, plusieurs auteurs anglais [2] ont tracé la même courbe dans un grand intervalle de température en notant la température de cristallisation de solutions connues. Les résultats trouvés par ces deux méthodes sont assez différents.

Dans mes expériences, le nitrate d'ammoniaque recristallisé, donnant avec l'eau des solutions neutres, sans aucune réaction sur le chlorure de baryum ou le nitrate d'argent, pulvérisé puis desséché à l'étuve à 80° pendant 10 jours était fortement agité

---

(1) MÜLLER et KAUFMANN, *Zeits. physik. Chem.*, t. 42, 1903, p. 499.

(2) MILLICAN, JOSEPH et LOWRY, *Journ. Chem. Soc.*, t. 121, 1922, p. 959.

avec une quantité d'eau très insuffisante pour tout dissoudre dans un thermostat réglé au $\frac{1}{10}$ de degré. L'équilibre était atteint par « en dessus » car je partais de solutions saturées à une température supérieure de 1 ou 2 degrés à la température d'expérience. Après 6 à 7 heures d'agitation, une cinquantaine de grammes de solution était tarée et placée dans une étuve à 80° pour l'évaporation et la dessiccation.

Des expériences directes, exécutées sur des quantités analogues de nitrate desséché puis dissous dans l'eau et soumis à une évaporation identique, m'ont montré que la perte de poids résultant de ces diverses opérations n'atteignait pas 1 pour 1000. J'avais au minimum 30g de sel à la fin de la dessiccation qui demandait environ 40 heures.

J'ai ainsi déterminé 11 points de la courbe de solubilité s'échelonnant de 26° à 39°. La courbe ainsi tracée est très voisine quoique légèrement au-dessous de celle donnée par les auteurs anglais mentionnés plus haut et d'un point isolé donné à 30° par Schreinemakers [1]. L'écart observé peut être attribuable à la différence des méthodes utilisées, la méthode thermométrique donnant toujours des teneurs en sel légèrement trop fortes.

Solubilité du nitrate d'ammoniaque.

Température.	Poids de sel dans 100g H^2O.	S. moléculaire.
26°,7	215,0	0,3257
28,6	223,6	0,3344
29,4	227,1	0,3379
30,4	232,5	0,3431
30,8	234,5	0,3450
32,2	241,2	0,3515
32,9	244,4	0,3544
33,8	248,3	0,3581
35,3	255,6	0,3648
36	259	0,3679
39,2	274,5	0,3814

Les courbes tracées avec ces données se coupent en un point de coordonnées 31°,8 et 240g. C'est le point de transformation du nitrate d'ammoniaque.

Le rapport des tangentes calculé d'après ces données a pour valeur

$$\frac{ds}{ds'} = 1,17.$$

La mesure des chaleurs limite de dissolution s'est effectuée suivant une méthode précédemment indiquée [2] en dissolvant du nitrate d'ammoniaque dans des solutions de plus en plus concentrées de ce sel, contenues dans un vase de Dewar. Je donne ici les quantités de chaleur moléculaires relatives

---

(1) SCHREINEMAKERS, *Archives néerlandaises*, 2e série, t. 15, 1910, p. 415.

(2) P. MONDAIN MONVAL, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 301.

aux deux variétés de sel à 28° et à 36°.

	Pour 100 de la solution.							
$t°$.	0.	20.	35.	50.	56,8.	57.	65,6.	70.
28°.........	−5,90	−4,60	»	−3,33	−3,19	»	−3,02	»
36°.........	−5,35	»	−3,44	»	»	−2,86	»	−2,54

D'où, par légère extrapolation pour le point anguleux de concentration 70,6 pour 100,

$$L = -2^{cal},93 \quad \text{et} \quad L' = 2^{cal},53.$$

Ces valeurs relatives à 28° et à 36° sont utilisables à la température de 31°,8 car nous avons déjà montré que pour le nitrate d'ammoniaque ces chaleurs « limite » varient extrêmement peu avec la température.

A noter que la différence de ces deux quantités, égale à $0^{cal},4$, est en parfait accord avec la chaleur de transformation du nitrate d'ammoniaque qui est de $0^{cal},402$ [1].

$$\text{Valeur du rapport } \frac{L}{L'} = 1,158.$$

La différence entre les deux rapports est d'environ 1 pour 100. On voit que le point de transformation du nitrate d'ammoniaque à 32° vérifie aussi exactement qu'on pouvait l'espérer la loi du rapport des tangentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la propagation de l'onde explosive.* Note [2] de M. **P. Laffitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les recherches exposées dans la présente Note ont eu pour objet l'étude de la propagation de l'onde explosive dans toutes les directions à partir d'un centre d'émission. La méthode employée est la méthode d'enregistrement photographique décrite dans une précédente Note [3] et utilisée jusqu'ici seulement pour l'étude de l'onde explosive se propageant dans des tubes cylindriques. Le mélange étudié est encore le mélange de sulfure de carbone et d'oxygène dans la proportion $CS^2 + 2O^2$.

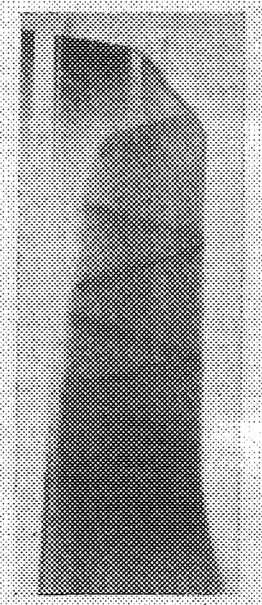
On remplit avec le mélange détonant des ballons sphériques en verre du diamètre de 15^{cm} à 22^{cm} suivant les expériences. Ce ballon est placé derrière deux fers à T de manière à ne voir le ballon depuis l'appareil photographique qu'à travers une fente

(1) Bellati et Romanese, *Atti del. R. Inst. Veneto*, 6e série, t. 4, 1886.
(2) Séance du 9 juillet 1923.
(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1392.

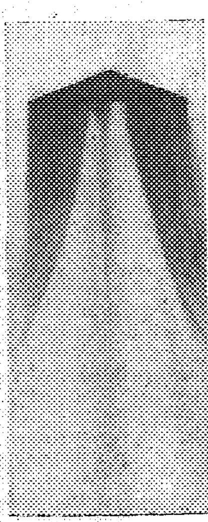
horizontale de 1^cm de hauteur; l'axe de cette fente est dans le plan du grand cercle horizontal du ballon. L'axe de l'objectif est également situé dans le plan de ce grand cercle.

La vitesse du cylindre sur lequel est enroulé le papier photographique est déterminée par un enregistrement graphique. Sur l'axe du cylindre se trouve un disque dont une moitié est en cuivre et l'autre moitié en fibre non conductrice; ce disque est destiné à interrompre à chaque tour de cylindre un courant électrique fourni par un accumulateur. Cette interruption est inscrite par l'intermédiaire d'un signal de Deprez sur un autre cylindre recouvert d'un papier enduit de noir de fumée. Un second signal de Deprez inscrit sur ce même cylindre les interruptions d'un courant traversant un diapason de fréquence connue entretenu électriquement. On déduit aisément des deux courbes tracées sur le papier noir la vitesse de rotation du cylindre photographique et par suite la vitesse linéaire de déplacement du papier sensible. Cette vitesse avait une valeur voisine de $22^{m},50$ par seconde.

Pour avoir une onde qui se propage à partir du centre du ballon, on peut songer à faire arriver au centre de celui-ci un tube de verre de faible diamètre parcouru par une onde explosive. La photographie n° 1 a été faite



Photographie n° 1.
(Cliché original × 1,5.)



Photographie n° 2.
(Cliché original × 3.)

dans ces conditions. Un tube de verre de 6^{mm} de diamètre intérieur avait une de ses extrémités au centre d'un ballon de 18^{cm} de diamètre. L'inflammation était produite à l'autre extrémité (à gauche sur la photographie) par une étincelle électrique. Après une période de combustion (non photogra-

phiée), l'onde s'est développée et propagée dans ce tube; elle correspond sur la photographie à la partie limitée par une ligne droite bien nette; l'interruption de cette ligne est produite par le bouchon de liège fermant l'extrémité du col placé horizontalement et parallèlement à la fente. Au moment où l'onde explosive est arrivée au centre du ballon, elle s'est brusquement éteinte et a été remplacée dans le ballon par une onde de combustion à vitesse plus faible : on voit, en effet, sur la photographie une brusque augmentation du coefficient angulaire de la droite limitant l'image de la flamme vers le haut. La mesure de l'inclinaison de ces droites montre que l'onde explosive qui se propageait dans le tube à une vitesse de 1800^m par seconde a été remplacée dans le ballon par une onde de combustion se propageant à la vitesse de 450^m par seconde. Cette onde de combustion, en arrivant sur la paroi du ballon, a donné lieu à une onde de choc qui s'est propagée en sens inverse, puis réfléchie plusieurs fois sur les parois du ballon avant que celui-ci ne se brise. Dans ces conditions, il n'y a donc pas d'onde explosive dans le ballon.

Pour en produire une, on a fixé au centre de celui-ci un détonateur de 1^g de fulminate de mercure dépassant l'extrémité d'un tube de verre qui traverse le bouchon fermant le ballon; ce tube sert au passage de fils de cuivre conduisant le courant, issu du secondaire d'une bobine d'induction, qui provoque la détonation du fulminate de mercure. Dans ces conditions, l'onde explosive prend immédiatement naissance au contact du fulminate sans aucune période préliminaire d'inflammation. La photographie n° 2 représente l'explosion d'un ballon de 21^{cm} de diamètre. La partie supérieure de cette photographie a la forme d'un triangle isoscèle; les deux côtés également inclinés sur l'horizontale représentent la propagation de l'onde à partir du centre jusqu'aux parois du ballon. La forme d'une aire triangulaire provient de ce qu'on photographie la propagation de l'onde dans le plan d'un grand cercle : l'onde se propageant dans toutes les directions à partir du centre du ballon, la durée de l'éclat lumineux doit être maxima au centre et nulle aux extrémités. Dans certaines photographies la base du triangle est un trait noir très accentué provenant de la formation d'une onde de choc au moment où l'onde explosive arrive sur la paroi du ballon. La mesure de l'inclinaison sur l'horizontale d'un des côtés du triangle permet de déterminer la vitesse de propagation de l'onde dans le ballon : elle est de 1800^m par seconde, soit la même que pour une onde plane se propageant dans un tube cylindrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Ionisation produite par l'hydratation du sulfate de quinine.* Note de Mlle **Chamié**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai essayé de vérifier les propositions énoncées dans ma Note précédente [1] par des expériences plus précises. Le courant d'ionisation se mesurait à l'électromètre par la méthode de compensation du courant par le quartz piézoélectrique; cette méthode présente sur les autres l'avantage de pouvoir observer la chute du courant en fonction du temps avec la même exactitude sur tout le parcours de la courbe, car lorsque le courant diminue environ de mille fois sa valeur initiale dans un intervalle de temps très restreint, on change le poids tenseur du même ordre de grandeur. Le seul inconvénient de la méthode pour ce genre de mesure consiste en ce que la courbe du courant en fonction du temps peut être faite par des points assez espacés, les mesures pouvant se faire à des intervalles d'au moins 15 secondes; cette dernière difficulté a été levée en faisant un grand nombre d'observations dans les cas douteux et en variant autant que possible les moments des mesures.

La chambre d'ionisation, où se produisait l'hydratation du sulfate de quinine, était un cylindre de 38^{cm} de hauteur et de 38^{cm} de diamètre de base, son volume était égal au volume de la cage en verre de la balance système Curie, où se faisaient les expériences d'augmentation du poids par hydratation; pendant ces dernières expériences la substance était surmontée d'un disque métallique retenu par un support à 2^{cm} du plateau de la balance, distance à laquelle se trouvaient les électrodes de la chambre d'ionisation. L'hydratation se faisait donc dans les mêmes conditions pendant les mesures du courant que pendant les pesées.

La première question qui se posait était de trouver le courant de saturation. J'ai employé pour cela de petites quantités de sel étalé d'une manière uniforme en couche très mince avec une densité superficielle de $2^{mg},6$ par centimètre carré de surface. En faisant de nombreuses expériences avec des quantités de sel inférieures à 20^{mg}, j'ai trouvé que vers la tension de 1500 volts sur la chambre d'ionisation le courant se rapproche de la saturation. Les courbes de courant en fonction du temps obtenues avec des tensions de 1584, 1672 et 1760 volts se superposaient très bien et donnaient

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 251.

les mêmes intensités maxima. Avec 1496 et 1408 volts les intensités maxima diminuaient, mais les courbes s'inclinaient de manière que les aires comprises entre les courbes et l'axe des abscisses restaient invariables, on récoltait donc la même quantité d'électricité. Cela prouve que les ions, qui n'ont pas été attirés vers les électrodes par suite du champ insuffisant, s'ajoutent à ceux créés à l'instant suivant et ralentissent la chute de la courbe. Pour des tensions inférieures les intensités maxima et les aires des courbes diminuent linéairement. Pour des quantités de sel plus grandes entre 20 et 90^{mg} on est encore au voisinage de la saturation à 1500 volts, toutefois les courbes ont tendance à s'incliner comme le font les courbes à 1496 et 1408 volts pour des quantités plus faibles que 20^{mg}. En augmentant encore la quantité de sulfate de quinine on s'éloigne d'autant plus de la saturation, les courbes deviennent irrégulières et les symétriques de ces courbes construites par rapport à l'axe des abscisses ne ressemblent plus aux courbes donnant l'augmentation du poids par hydratation.

En faisant subir à une même préparation de sulfate de quinine un grand nombre de déshydratations en la chauffant pendant environ 1 heure et demie dans l'étuve à 125° et en la refroidissant dans un dessiccateur, j'ai comparé les courbes de courant pour toutes ces hydratations et j'ai constaté une déformation permanente des courbes. Le phénomène se présente d'une manière régulière : après la troisième hydratation environ les intensités au début de la courbe deviennent plus faibles, les courbes s'aplatissent et s'allongent avec tendance de prendre la forme d'une droite inclinée. J'ai observé les mêmes déformations sur les courbes d'augmentation de poids. On peut donc chercher la cause de ce phénomène dans les modifications que doit subir le sulfate de quinine par suite du chauffage prolongé.

En tenant compte du phénomène de déformation des courbes et des conditions qu'implique le courant de saturation, j'ai vérifié sur un grand nombre d'expériences les propositions suivantes :

1° Pour une déshydratation complète la quantité d'eau d'hydratation du sulfate de quinine est de 4,81 pour 100 du poids du sel (¹).

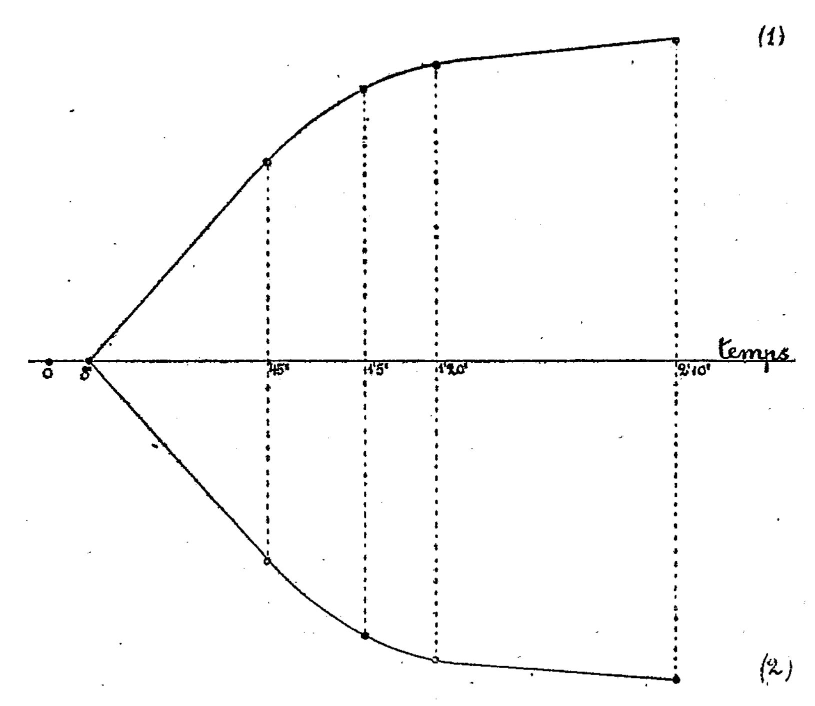
2° La durée du phénomène d'hydratation observée soit par l'augmentation du poids, soit par la diminution du courant est proportionnelle à la densité superficielle de la couche (ces expériences ont été faites pour des densités variant entre 2 et 7^{mg} par centimètre carré).

3° Pour des quantités de sel égales mais étalées avec des densités super-

(¹) Kalähne, *Ann. de Phys.*, 1905.

ficielles différentes, les intensités maxima sont inversement proportionnelles aux densités.

4° Les courbes de la diminution du courant d'ionisation au voisinage de la saturation sont symétriques des courbes de l'augmentation du poids par rapport au même axe du temps. Toutes les particularités ou déformations se retrouvent sur les deux courbes. Il faut seulement noter que vers la



(1) Courbe d'augmentation du poids et (2) courbe de diminution du courant d'ionisation pendant l'hydratation de 76mg,6 de sulfate de quinine. Les deux courbes sont rapportées à une même échelle.

fin du phénomène, lorsque l'hydratation se fait dans les couches plus profondes, la chute du courant est plus forte que l'augmentation correspondante du poids, car les couches supérieures forment écrans, et le courant d'ionisation diminue dans des proportions plus grandes, même lorsque les couches sont très minces.

5° Pour des quantités de sel différentes, mais de même densité, les intensités maxima sont proportionnelles aux poids; les rapports vont en diminuant lorsque le poids augmente, parce que pour des poids plus élevés le même courant devient moins saturé.

6° Les quantités d'électricité dégagées pendant l'hydratation du sulfate de quinine, que j'évaluais par les aires des courbes de courant, sont proportionnelles aux poids du sel employés, ce qui est en accord avec le calcul fait dans ma Note précédente, et auquel je suis arrivée par l'étude plus spéciale des courbes d'augmentation de poids, que j'obtenais avec des quantités de sel assez grandes pour lesquelles je ne pouvais pas avoir de courbes de courant très régulières.

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Sur la portée du déplacement de l'équilibre.* Note de M. **Albert Colson**.

Appelé aussi loi d'opposition de la réaction à l'action, ce principe universellement admis et inscrit aux programmes de nos écoles est imprécis et sans caractère rationnel, comme la formule qui l'exprime dans le cas fondamental des solubilités

$$\frac{dC}{C} = 0,5\,\frac{dT}{T^2}\,\rho,$$

je l'ai établi [1].

En outre cette loi n'est pas vérifiable par expérience quand la solubilité ou la chaleur de dissolution ρ sont faibles, et il est impossible d'en adapter l'expression aux solutions concentrées. Ce défaut ne tient pas au degré d'approximation des lois de Mariotte et de Gay-Lussac, puisque les auteurs ont étendu leurs principes aux électrolytes pour lesquels le produit PV varie parfois au delà du simple au double, il est dû à la suppression arbitraire du volume dissous u qui, en permettant d'utiliser les lois de dilatation, donne l'illusion que la contraction $(U - u)$ réduite au volume final U est toujours positive, alors que, dans les solutions concentrées, le volume u est de même ordre que U et V, et leur est parfois supérieur. De cette suppression résulte l'identité du signe de $\frac{dC}{dT}$ avec celui de la chaleur d'équilibre ρ dont on tire l'énoncé de la loi d'opposition de la réaction à l'action.

Cas des solutions très concentrées. — L'équilibre en dissolution n'a pas en effet la simplicité qui résulte de cette égalité. Le produit $425 \times \rho$ répond au travail d'expansion du corps dissous dans le volume U, alors qu'en réalité

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1552, où il faut, ligne 13 (formule), remplacer T^2 par $\frac{T^2}{p}$, et, ligne 21 (formule), le facteur C par ρ.

le travail de dissolution s'effectue dans le volume $U - u$, et peut changer de sens quand ρ et $\frac{dC}{dT}$ conservent le même signe. C'est le cas d'assez nombreux liquides dans lesquels l'eau sous forme de glace est soluble en toute proportion; par exemple l'alcool au-dessous de zéro ($T = 273°$). Tant que la température est assez basse pour que le volume V de l'alcool dissolvant reste supérieur à la contraction de la molécule de glace passant à l'état liquide, l'égalité classique est applicable. Elle cesse de l'être dès que V devient inférieur à cette contraction, car l'artifice qui fait de $|U - u|$ un facteur positif est en défaut : la valeur de u dépassant celle de U à cause de la contraction due à la liquéfaction de la glace sous l'influence d'une quantité décroissante du solvant, le travail correspondant à $U - u$ est négatif; cependant la quantité de glace dissoute dans l'alcool augmente sans cesse avec la température, et les quantités L et ρ, sensiblement égales à la chaleur de fusion de la glace, restent positives.

Citons encore le cas singulier du sulfate sodique hydraté qui confirme l'égalité classique à froid puisqu'il est peu soluble, mais qui lui échappe à 34° car alors 100g d'eau suffisent pour liquéfier 400g de ce sel, de sorte que u très voisin de U ne peut être négligé ni la relation $pU = RT$ appliquée.

Cas général. — Le volume V du solvant, toujours réel et positif, caractérise pratiquement le phénomène de solubilité; je l'ai mis en relief dans la formule rationnelle de Clapeyron, en ajoutant et retranchant simultanément ce volume V au facteur $(U - u)$; d'où la formule

$$425\,L = T(V + \mathcal{E})\frac{dP}{dT} \qquad \text{avec} \qquad \mathcal{E} = U - (V + u).$$

Les deux effets de contraction et d'expansion séparés en posant

$$425\,\Lambda = TV\frac{dP}{dT} \qquad \text{et} \qquad 425\,\lambda = T\varepsilon\frac{dP}{dT} \quad \text{avec} \quad \Lambda + \lambda = L$$

montrent que Λ seul lié au terme V toujours positif a même signe que $\frac{dP}{dT}$. Au contraire, λ peut devenir négatif par le terme $\mathcal{E}$; et si V est inférieur à $\mathcal{E}$, alors λ impose son signe à L et à ρ, puisqu'on a vu dans le système (glace + alcool) que L se confond avec ρ.

Outre l'antagonisme de ces deux effets qui détermine ce brutal renversement du travail de solubilité, l'égalité en L met en évidence d'autres changements d'allure plus délicats. Quand le volume V du solvant est très supérieur à $\mathcal{E}$, la quantité $V + \mathcal{E}$ conserve dans l'équation en L une valeur

positive comme U dans l'équation classique, et les deux égalités donnent la même indication : L étant positif, la solubilité sous pression constante croît avec la température, quel que soit le signe de $\mathcal{E}$. Pourtant, il doit exister une différence dans l'allure d'un corps qui, en se dissolvant, provoque la dilatation du système et celle d'un autre corps qui détermine sa contraction. Si la formule classique ne marque pas cette particularité, la formule en L conduit à la rechercher dans le rôle de la pression :

Premier cas : Dilatation ($\varepsilon > 0$). — Le corps sous une pression négligeable occupe un volume V égal à celui du solvant accru du volume ε. La compression diminuant le volume total, on a $V + \varepsilon' < V + \varepsilon$. La masse dissoute se partageant proportionnellement aux volumes V et ε, la contraction ou solubilité augmentera dans le volume V par suite de la compression, à température fixe, d'autant plus que le volume comprimé étant rapporté au volume V qui lui est supérieur, ε' n'est pas la contraction sous pression, mais une quantité plus petite qui augmente la teneur du volume comprimé V.

Deuxième cas : Contraction ($\varepsilon < 0$). — On aura encore après compression $V - \varepsilon' < V - \varepsilon$, d'où $\varepsilon' > \varepsilon$; donc la quantité afférente au volume V diminuera par compressibilité, donc aussi la solubilité.

Controle expérimental. — Les sels ammoniacaux, en particulier le nitrate plus soluble à chaud qu'à froid, se contractent par dissolution à température constante. Enfermons donc une solution de ce sel, saturée à 23°,3, dans un tube effilé dont on casse la pointe et qu'on renverse dans la cuve à mercure d'un appareil Caillet et après addition de quelques germes solides. Dans la même enceinte plaçons aussi diverses solutions salines pour lesquelles ε est positif. Comprimons et maintenons la pression à 300 atmosphères pendant au moins 2 heures. Même quand la température s'élève de 0°,1, il y a dépôt de sel ammoniacal et non de KCl et d'autres sels pour lesquels ε est positif.

Conclusion. — Dans une dissolution saturée, la variation de la concentration n'est ni toujours ni exclusivement équilibrée par une chaleur de dissolution L ou ρ, même sous pression fixe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation catalytique de l'ammoniac par l'air au contact du palladium pur.* Note de M. E. **Decarrière**, présentée par M. A. Haller.

Le rendement en azote oxydé est fonction de la température du catalyseur et du titre en ammoniac du mélange gazeux, mais dépend aussi de l'état physique du métal.

Ainsi, trois tableaux de résultats nettement différents ont été fournis par un même échantillon de feuilles de palladium pur (bandelettes de $0^{cm},33$ sur 12^{cm}, de $0^{mm},01$ d'épaisseur, pesant au total $1^{g},93$, froissées en boulettes dont l'ensemble occupe une longueur de $1^{cm},8$ dans un tube de quartz de $2^{cm^2},70$ de section); le métal est neuf et poli avant la première série d'expériences; sa surface est rendue grenue avant la seconde par des alternatives de formation et de destruction d'oxyde; elle est encore plus profondément modifiée par le même procédé avant la troisième et de la mousse de palladium s'en détache par endroits. Au cours des essais d'une même série, le tube est parcouru par un courant de gaz carbonique pendant les périodes d'échauffement ou refroidissement. Le débit gazeux est dans tous les cas de 10 litres en 12 minutes 30 secondes. Le dispositif et le mode opératoire sont ceux décrits dans les *Annales de Chimie*, 9e série, t. 18, p. 312.

Première série d'essais.

t.	T.	R.	*t.*	T.	R.	*t.*	T.	R.
°	%	%	°	%	%	°	%	%
743...	8,62	91,4	748...	10,42	91,9	785...	10,93	91,3
819...	8,00	87,6	713...	11,24	88,7	731...	11,10	92,2
778...	8,19	91,8	760...	11,73	80,5	802...	9,74	88,9
808...	7,47	91,1	790...	11,27	86,8	646...	10,10	71,7
737...	7,81	86,0	851...	11,08	81,1	699...	7,71	79,5
844...	8,84	84,3	677...	10,40	89,5	636...	8,26	62,7
798...	9,43	89,4	697...	9,87	90,3	728...	9,18	90,9
796...	10,05	90,0	656...	11,15	78,8			

Deuxième série d'essais.

t.	T.	R.	*t.*	T.	R.	*t.*	T.	R.
°	%	%	°	%	%	°	%	%
777...	8,33	83,2	770...	11,73	79,8	820...	8,56	77,3
702...	9,19	76,0	698...	11,61	79,2	665...	9,08	35,4
796...	9,38	82,7	711...	11,22	84,7	635...	9,78	28,7
746...	9,80	83,9	681...	10,97	81,2	836...	7,57	74,7
781...	9,90	85,6	820...	9,57	80,5	744...	7,41	78,0
774...	9,66	85,0	851...	9,80	73,9	817...	7,17	77,5
740...	10,61	87,3	838...	10,12	77,6	712...	8,12	73,4
767...	10,88	88,3	832...	8,83	75,1	803...	8,36	81,2
708...	10,41	82,9	667...	10,17	74,7	789...	7,75	81,9
822...	10,53	83,2	773...	8,11	81,8	832...	8,21	74,9
834...	11,05	80,0	753...	8,22	80,3	726...	10,97	87,1
792...	11,27	84,6	705...	8,19	57,5	817...	8,41	77,7
749...	11,25	87,8	676...	8,25	43,5			

Troisième série d'essais.

t.	T.	R.	t.	T.	R.	t.	T.	R.
°	%	%	°	%	%	°	%	%
768...	9,08	79,2	751...	11,70	77,8	794...	11,20	79,5
817...	7,66	75,1	767...	9,37	80,5	727...	7,22	53,2
828...	9,82	74,5	752...	8,87	75,0	770...	9,47	81,9
818...	10,57	77,0	788...	8,29	78,0	771...	9,94	80,8
776...	9,14	79,8	824...	11,24	75,2	763...	11,51	80,4
697...	11,19	74,7	765...	9,26	78,5			
774...	7,06	76,2	749...	10,39	81,3			

Notá. — Dans chaque Tableau, les expériences sont inscrites dans l'ordre où elles ont été effectuées.

Ces Tableaux révèlent l'existence, comme dans le cas du platine [1], d'un intervalle optimum de titre en ammoniac et de température avec diminution des plus forts rendements quand on passe de la surface polie à grand rayon de courbure aux grains de faible dimension; la reproduction en traits discontinus dans le troisième graphique des courbes de rendement 80 pour 100 du premier et du second montre d'autre part que la dépréciation du rendement ne change pas sensiblement la température optima. Cette température est à peu près la même qu'avec la mousse de platine; mais, dans le cas présent, les titres les plus favorables sont fournis par des mélanges beaucoup moins riches en air.

CHIMIE MINÉRALE. — *Phénomènes d'oxydation parmi les complexes cyanurés du nickel; valence, coordination, coloration.* Note de MM. **André Job** et **André Samuel**, présentée par M. Georges Urbain.

Quand on étudie l'oxydation des composés métalliques en solution, on ne tarde pas à reconnaître que la formation des complexes y joue un rôle important. Une analyse approfondie de ces phénomènes d'oxydation peut donc tendre à préciser les notions de coordination et de valence, et peut-être à donner de nouveaux critères de leur interprétation électronique. C'est ce qui nous a décidés à entreprendre la présente étude; nous espérons montrer sur un exemple simple comment cette idée directrice peut suggérer des observations nouvelles.

[1] *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. 25, p. 489.

On ne connaissait jusqu'ici, en solution, que deux complexes cyanurés du nickel, le nickelocyanure des traités classiques (ou nickel-2-tétracyanure) et son produit de réduction. C'est ce dernier qui va nous occuper tout d'abord. L'existence en a été établie par une expérience de Papasogli reprise par Moore, puis complétée plus récemment par Bellucci et Corelli : le nickelocyanure en solution dans l'eau peut être réduit par un amalgame alcalin, et de la liqueur, qui a pris une coloration rouge intense, on peut précipiter par l'alcool un composé de formule $Ni(CN)^3K^2$ où le nickel est monovalent.

Coordination 3, *valence* 1. — Nous avons voulu, dans la solution même, déterminer l'indice de coordination du complexe. Si cet indice est réellement 3, c'est que le métal réducteur, disons le potassium, a détaché un CN du nickelocyanure initial, et nous devons trouver une molécule de KCN libre dans la liqueur. Nous la trouvons en effet par un réactif très simple, le cyanure de nickel précipité $Ni(CN)^2$; il entre en solution à la faveur du KCN et le consomme pour reformer $Ni(CN)^4K^2$.

Valence 1, *coordination* 4. — Nous avons cherché à élever l'indice de coordination sans modifier la valence. Nous y avons réussi en fixant l'oxyde de carbone sur le premier composé. En agitant la solution rouge au contact de ce gaz, on constate une absorption rapide qui correspond à une molécule de CO pour un atome de nickel. On ne révèle pas de KCN libéré dans la liqueur. CO s'est donc simplement ajouté à l'anion $[Ni(CN)^3]^=$ et le nouvel indice de coordination est 4. *En même temps on constate que la liqueur est devenue presque incolore* [1].

Oxydation. Coordination 4, *valence* 2. — Les premiers observateurs ont attribué au complexe rouge une très grande instabilité. D'après eux, dès la température ordinaire, il décompose l'eau en dégageant de l'hydrogène et reformant $Ni(CN^4)K^2$. Nous avons trouvé la raison de cette instabilité : c'est la présence des ions $\overline{CN}$. Quand la liqueur est privée de KCN, elle est d'une stabilité parfaite. Mais dès qu'on y ajoute du KCN, l'action de l'eau paraît catalysée, et, pour une concentration suffisante de ce sel, la décomposition se fait à froid, en quelques instants : *il semble donc qu'un excès d'ions $\overline{CN}$ libres tend à donner au complexe un indice de coordination supérieur, incompatible avec la valence* 1. La mesure du dégagement d'hydrogène

[1] L'acétylène est absorbé pareillement et donne un complexe incolore. Ajoutons que nous avons également fixé CO sur le cyanure de cobalt divalent en présence d'une quantité calculée de KCN et formé un carbonylcobaltocyanure.

atteste bien le passage du nickel de la valence 1 à la valence 2. On peut aussi provoquer ce passage sans excès de cyanure; il suffit pour cela d'agiter la solution rouge au contact de l'air. *La liqueur devient jaune pâle*. En même temps un précipité de $Ni(CN)^2$ apparaît, et l'on vérifie la formule

$$2[Ni(CN)^3K^2] + O + H^2O \rightarrow Ni(CN)^2 + Ni(CN)^4K^2 + 2KOH.$$

Ainsi la valence 2 n'est possible pour le complexe soluble que si l'on atteint la coordination 4.

Valence 2, *coordination* 6. — La solution jaune de nickelocyanure, quand on y ajoute un excès de KCN, prend une coloration rouge foncé d'acide chromique. Ce phénomène ne semble pas avoir attiré l'attention des chimistes. C'est pourtant la preuve qu'il se forme un nouvel anion complexe. Il est dissociable, car la couleur s'atténue exagérément avec la dilution. Nous avons fait état de cette dissociation même pour déterminer la formule probable $[Ni(CN)^6]^{\equiv}$. En effet, si *deux* ions $\overline{CN}$ concourent avec $[Ni(CN)^4]^{=}$ à former le nouvel anion coloré, la concentration des ions $\overline{CN}$ intervient par son *carré* dans l'équation d'équilibre. Cette équation prend donc une forme qui se trouve caractéristique de la coordination 6. Or elle exprime justement la loi de dilution, c'est-à-dire la loi de la disparition des ions colorés pour une dilution croissante. Nous avons fait au spectrophotomètre plusieurs séries de mesures que nous décrirons dans un mémoire détaillé et qui ne laissent aucun doute à cet égard : le nouvel anion correspond bien à l'indice 6. *Il existe donc un composé* $Ni(CN)^6K^4$ *très fortement coloré* (1).

Coordination 6, *valence* 3. — Revenons maintenant au nickel-1-tricyanure, et soumettons-le, non plus à l'oxygène libre, mais au gaz NO. On observe alors un fait inattendu : la solution rouge tend d'abord à se décolorer, mais l'absorption continue, et la couleur devient d'un violet intense. Nous avons reconnu qu'il se forme un complexe nouveau où le nickel est trivalent, et où s'introduit NO hydrogéné, c'est-à-dire l'hydroxylamine. En effet, si l'on renonce à NO, mais qu'on ajoute d'avance de l'hydroxylamine à la liqueur rouge, puis qu'on la soumette à l'oxygène, on retrouve les mêmes apparences.

---

(1) Si on l'a méconnu jusqu'ici, c'est sans doute parce que ses solutions évaporées ne laissent que des cristaux de KCN et de $Ni(CN)^4K^2$. Il est en effet plus soluble que les deux produits de sa dissociation. Rossi (*Gazzetta*, 1915) a étudié la conductibilité des solutions de $Ni(CN)^4K^2$ en présence de KCN et conclu à l'absence de toute combinaison. Mais il opérait précisément en solution diluée, c'est à dire dans des conditions où $[Ni(CN)^6]^{\equiv}$ est détruit.

Bien mieux, on peut préparer le complexe violet directement à partir du nickel divalent lui-même. On dissout dans l'eau une molécule de $Ni(CN)^4K^2$, on y met en suspension une molécule de $Ni(CN)^2$ et l'on ajoute environ 3 molécules d'hydroxylamine et 6 de potasse. La liqueur se colore en violet et prend rapidement un pouvoir oxydant maximum qui correspond bien au nickel trivalent. $Ni(CN)^2$ est entré en solution, si bien que chaque atome de nickel groupe finalement $3\overline{CN}$ et une molécule d'hydroxylamine. L'indice 6 étant ici hautement probable, nous attribuons provisoirement au complexe violet la formule $[Ni(CN)^3(OH)^2(NH^2OH)]K^2$. Nous y reviendrons dans une prochaine note où nous analyserons complètement le mécanisme de cette oxydation ([1]).

En résumé, nous venons de décrire cinq types de complexes cyanurés du nickel; deux seulement sont presque incolores, ce sont les complexes d'indice 4 (valence 1 et valence 2). Pour l'indice de coordination 3 (valence 1) et pour l'indice 6 (valence 2 et valence 3), les bandes d'absorption dans le spectre visible sont très fortement marquées. Il reste à chercher de ces faits une interprétation électronique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Identification des beurres de cacao par les courbes de miscibilité.* Note ([2]) de M. **Marange** ([3]), présentée par M. A. Haller.

M. Louïse ([4]) a indiqué une méthode d'identification des huiles et des matières grasses par les courbes de miscibilité; continuant ses travaux, j'ai trouvé que, par rapport à un liquide type judicieusement choisi (aniline pure, identifiée par sa courbe de miscibilité avec un liquide

([1]) Un premier complexe de nickel trivalent a été obtenu en 1913 par K.-A. Hofmann; le nickel y est lié à 6 molécules ou restes de formoxime. Nous expliquerons précisément ce rôle, en apparence spécifique, de l'hydroxylamine ou des oximes réductrices.

([2]) Séance du 2 juillet 1923.

([3]) Rosset et Marange, Pli cacheté n° 333, *Société chimique de France*.

([4]) Louïse, *Comptes rendus*, 1907, 1909 et 1910; *Annales des Falsifications*, 1910 et 1911. — L'étude de la miscibilité a fait l'objet d'autres travaux : Crismer, *Indices Crismer pour les matières grasses;* Cherchefsky, *Comptes rendus*, 1910, p. 1338; *Annales de Chimie analytique*, 1921; Rosset, *Revue de Chimie analytique*, 1913; *Thèse de doctorat*, Nancy, 1921; Chavanne et Simon, *Comptes rendus*, 1919; Dubrisay, Tripier et Toquet, *Comptes rendus*, t. 167, 1918.

nettement défini, l'alcool à 50° alcoométriques, vérifié par la densité à 15°) :

1° Les beurres de cacao reconnus purs (par les valeurs des indices d'iode, de saponification et la déviation réfractométrique exigés actuellement) donnaient des courbes de miscibilité identiques, se groupant en un ensemble, dont les extrêmes diffèrent au maximum de 2°,75.

2° Les matières employées couramment pour la falsification (végétaline, chocolite, etc.) ne donnent pas, dans les mêmes conditions, le phénomène de miscibilité, le beurre d'Illipé excepté.

3° Leur addition, dans une proportion minime, au beurre de cacao pur, influe suffisamment les températures de miscibilité réciproques, pour permettre de déceler la fraude.

J'ai suivi la technique indiquée par M. Louïse.

L'échantillon à identifier, matière grasse ou chocolat, est épuisé au Soxhlet, par l'éther anhydre, de préférence, la solution est concentrée par distillation à la pression atmosphérique, puis évaporée sous vide de 12^{mm} environ à 50°, pendant 4 à 5 heures, de façon à éliminer complètement l'éther et l'humidité.

[La température de miscibilité est très sensible à des traces d'eau [1], j'ai cependant constaté souvent, au cours de mes recherches, des différences, seulement minimes, entre les températures des matières grasses fondues et filtrées et celles des mêmes échantillons, épuisés par l'éther et mis sous vide.]

On pèse, dans une série de gros tubes à essai, des poids différents de matière grasse, ainsi préparée ; on ajoute à chacun d'eux 10$^{cm^3}$ d'aniline type [2] mesurés à la pipette de précision, on ferme par un bouchon muni d'un thermomètre gradué en $\frac{1}{5}$ de degré, on chauffe à une température convenable, dans l'appareil de M. Louïse, et détermine la température de miscibilité. En opérant sur chaque essai, on obtient un ensemble de points, qui constituent la courbe respective de l'échantillon à identifier.

L'expérimentation est donc des plus simples et les déterminations très nettes.

Les résultats de mes recherches sont traduits par les courbes ci-contre.

J'ai expérimenté :

1° Sur les beurres de cacao purs de provenances diverses : Haïti, Puerto-Cabello, Bahia, Para, Carupano, Lagos. Beurre de Pousse, Caraque, puis sur deux beurres moyens, un beurre de cacao solubilisé moyen, un cacao et

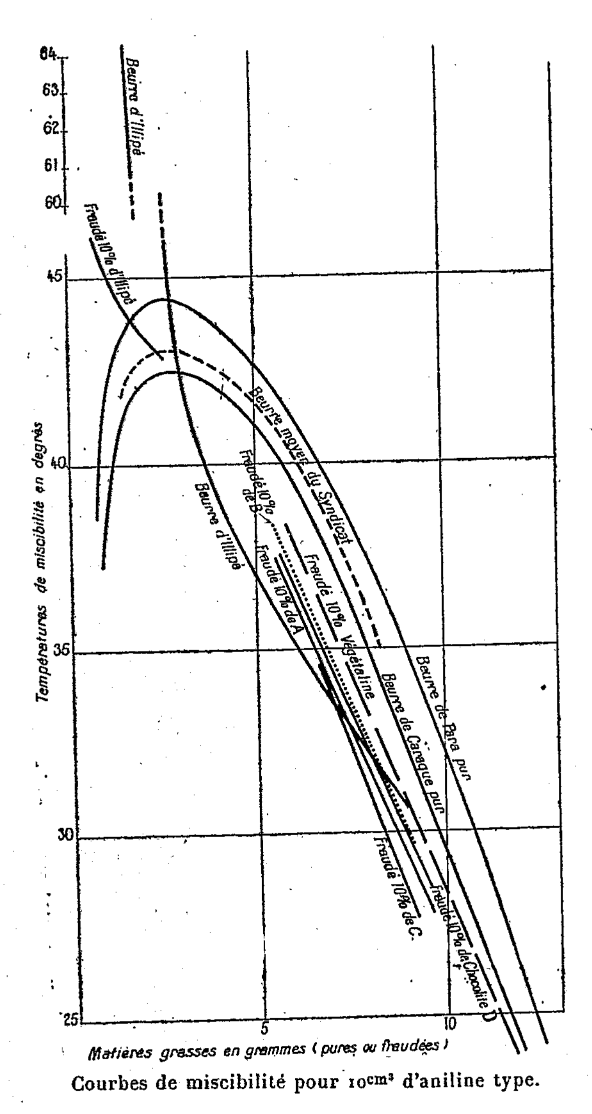
---

(1) Rosset, *Méthode d'alcoométrie par les courbes de miscibilité*.

(2) Aniline type, 10$^{cm^3}$ d'alcool à 50° alcoométriques et 8^g,15 d'aniline à 21°,5; 10^g,21 à 31°,7; 12^g,25 à 39°,5. Cette aniline type peut être facilement reproduite au moyen de l'équation de mélange, indiquée par M. Rosset.

un cacao solubilisé, que le Syndicat des Chocolatiers de France avait bien voulu m'adresser.

2° Sur neuf échantillons de chocolat de marques diverses et réputées.



Courbes de miscibilité pour 10cm³ d'aniline type.

Les températures de miscibilité de tous ces échantillons se sont groupées dans les limites indiquées pour les beurres purs.

3° Sur la végétaline et la chocolite, graisses A, B, C envoyées par le Syndicat des Chocolatiers de France. Ces produits ne donnent pas le phénomène de miscibilité avec l'aniline type; mais leur addition, à 10 pour 100

au beurre de cacao moyen du Syndicat, m'a donné des différences sensibles, différences augmentant pour des teneurs plus élevées.

4° Sur le beurre d'Illipé. Sa courbe est nettement distincte de celles des beurres de cacao purs, les écarts présentent le maximum pour des poids faibles, inférieurs à 5^g. Et c'est sur ces quantités minimes qu'il faut expérimenter pour déceler cette fraude. La détermination de la température de miscibilité est alors délicate mais précise, et la conclusion tirée de sa valeur, radicale, ainsi que l'ont montré certains échantillons fraudés à 10 ou 15 pour 100 d'Illipé, sur ma demande, et répartis à mon insu dans un lot de chocolats réputés purs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la p-chlorodiphénylsulfone*. Note de M. **Haehl**, présentée par M. A. Haller.

Beckurts et Otto ont fait réagir le chlorobenzène sur le chlorure de l'acide benzènesulfonique en présence de chlorure d'aluminium [1]. Ils ont obtenu un produit qui fond à 93°. L'analyse de cette substance s'accorde avec la composition d'une monochlorodiphénylsulfone, mais les auteurs n'indiquent pas la position du chlore, position que la condensation ne laisse pas prévoir. Nous avons prouvé que le produit ainsi obtenu est la *p*-chlorodiphénylsulfone, et nous en avons déterminé la constitution de la façon suivante :

Nous sommes parti de l'acide sulfanilique qui, par diazotation et traitement au chlorure cuivreux en solution dans l'acide chlorhydrique concentré, se transforme en acide *p*-chlorobenzènesulfonique. On diazote une molécule d'acide sulfanilique dans l'acide chlorhydrique concentré en excès par une molécule de nitrite de soude. Le chlorhydrate de l'acide sulfanilique insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré disparaît peu à peu et l'on obtient une solution limpide du diazoïque qu'on verse d'un seul coup dans de l'acide chlorhydrique contenant en suspension une molécule de chlorure cuivreux porté à 50°-60°. Il y a dégagement d'azote et la dissolution reste parfaitement limpide. On précipite le cuivre par l'hydrogène sulfuré et l'on isole ensuite l'acide *p*-chlorosulfonique formé à l'état de sel de sodium par une dissolution concentrée de chlorure de sodium. Le

(1) Beckurts et Otto, *D. ch. G.*, t. 11, 1878, p. 2067. — Otto, *Ibid.*, t. 19, 1886, p. 2418.

rendement est de 95 pour 100. Le *p*-chlorosulfonate de sodium est transformé à l'aide du pentachlorure de phosphore en chlorure d'acide *p*-chlorobenzènesulfonique. Ce produit, obtenu pour la première fois par Goslich [1], cristallise en prismes dans l'éther et fond à 55°.

Nous avons condensé ce chlorure d'acide avec le benzène en présence de chlorure d'aluminium anhydre. On dissout 10^{g} de chlorure d'acide dans 100$^{cm^3}$ de benzène anhydre et l'on ajoute 10^{g} de chlorure d'aluminium. On chauffe au reflux pendant 10 heures. Lorsqu'il n'y a plus de dégagement d'acide chlorhydrique, on ajoute encore 5^{g} de chlorure d'aluminium et l'on chauffe pendant 10 heures. On distille ensuite le benzène en excès, on traite à l'eau et l'on filtre. On obtient une masse brune granuleuse qu'on recristallise de l'alcool chaud et qu'on décolore au noir animal.

$$HO^3S\langle C_6H_4\rangle NH^2 \rightarrow HO^3S\langle C_6H_4\rangle N=N-Cl \rightarrow HO^3S\langle C_6H_4\rangle Cl \rightarrow ClO^2S\langle C_6H_4\rangle Cl$$

$$Cl\langle C_6H_4\rangle SO^2Cl + \langle C_6H_6\rangle \xrightarrow{AlCl^3} \langle C_6H_5\rangle SO^2\langle C_6H_4\rangle Cl$$

La *p*-chlorodiphénylsulfone ainsi obtenue fond à 93°. Elle est en feuillets ou en cristaux rhombiques qui rappellent ceux de chlorate de potassium. Elle est insoluble dans l'eau, bien soluble dans l'alcool chaud, moins soluble dans l'alcool froid, bien soluble dans l'éther et le benzène à froid.

Analyse.

	Calculé.	Trouvé.
Cl pour 100	14,06	14,30
S pour 100	12,67	12,45

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorure de cumylmagnésium.* Note de M. L. **Bert**, présentée par M. A. Haller.

Le chlorure de cumyl se combine au magnésium, au sein de l'éther anhydre :

$$C^6H^4\begin{cases}CH^2Cl & (1)\\ CH(CH^3)^2 & (4)\end{cases} + Mg = C^6H^4\begin{cases}CH^2MgCl & (1)\\ CH(CH^3)^2 & (4)\end{cases}.$$

Cette formation de chlorure de cumylmagnésium est toujours accompa-

(1) Goslich, *Lieb. Ann.*, t. **180**, p. 106.

gnée de celle de dicumyle :

$$2\,C^6H^4\begin{cases}CH^2Cl & (1)\\ CH(CH^3)^2 & (4)\end{cases} + Mg = MgCl^2 + C^6H^4\begin{cases}CH^2 \text{———————} CH^2 \\ \quad (1)\quad (1) \\ CH(CH^3)^2\ (4)\quad (4)\ (CH^3)^2CH\end{cases}C^6H^4.$$

I. La préparation du magnésien présente quelques particularités : il est nécessaire de la catalyser au début, en ajoutant au magnésium en tournure quelques gouttes de bromure d'éthyle dissous dans un peu d'éther, puis, la réaction amorcée, on y fait tomber goutte à goutte le chlorure de cumyle dissous dans trois ou quatre fois son volume d'éther anhydre. Le chlorure de cumylmagnésium commence aussitôt à se déposer sur le magnésium sous forme d'une masse pâteuse vert jaunâtre qui isole le métal et ralentit la réaction. On évite cet inconvénient en agitant mécaniquement le contenu du ballon pendant toute la durée de l'opération. Quand l'ébullition de l'éther a cessé, on chauffe une heure encore au bain-marie.

Le magnésium ne disparaît jamais complètement.

Le bilan de la réaction est fourni par l'analyse immédiate du produit de la décomposition par l'eau. On recueille ainsi du *p*-cymène, du dicumyle, du chlorure de cumyle en excès et une petite quantité du carbure $C^{20}H^{24}$, décrit par Errera [1], provenant de la décomposition du chlorure par la chaleur :

$$2\,C^6H^4\begin{cases}CH^2Cl & (1)\\ CH(CH^3)^2 & (4)\end{cases} = C^{20}H^{24} + 2\,HCl.$$

En opérant à partir de $4^g,8$ de magnésium ($0^{at},2$) et de $33^g,7$ de chlorure de cumyle ($0^{mol},2$), on récupère environ 20 pour 100 du magnésium mis en œuvre et l'on obtient des quantités de *p*-cymène et de dicumyle correspondant respectivement à 60 et à 40 pour 100 du magnésium entré en réaction, déduction faite du poids de métal combiné au catalyseur.

Le *p*-cymène obtenu bout à 175°-178° (corrigé); il a été identifié par sa transformation en sulfocyménate de baryum caractéristique.

Le dicumyle se présente sous forme d'une huile jaune pâle, bouillant sans décomposition vers 350°, donnant à l'analyse :

$C = 90,53$; $H = 9,80$ (théorie : $C = 90,22$; $H = 9,77$ pour 100);
Poids moléculaire (méthode ébullioscopique de Landsberger) : 258; $C^{20}H^{26} = 266$.

II. Le chlorure de cumylmagnésium possède la remarquable aptitude réactionnelle des magnésiens.

---

[1] *Gazzetta chimica italiana*, t. 14, 1884, p. 277.

Il permet, par exemple, de réaliser aisément la synthèse de l'alcool cuminique par le processus :

$$C^6H^4\begin{cases}CH^2MgCl\ (1)\\CH(CH^3)^2\ (4)\end{cases} \xrightarrow{O} C^6H^4\begin{cases}CH^2OMgCl\ (1)\\CH(CH^3)^2\ (4)\end{cases} \xrightarrow{H^2O} C^6H^4\begin{cases}CH^2OH\ (1)\\CH(CH^3)^2\ (4)\end{cases}.$$

L'alcool obtenu bout vers 246° (corrigé) et donne à l'analyse :

$C = 79,5$; $H = 9,46$ (théorie : $C = 80,0$; $H = 9,33$ pour 100).

Le rendement s'élève à 25 pour 100 du rendement théorique.

Nous poursuivons l'étude du chlorure de cumyle comme agent de synthèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les furfural- et difurfural-γ-méthylcyclohexanones.* Note (1) de Mlle **N. Wolff**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (2), nous avons décrit la furfural-α-méthylcyclohexanone, quelques-uns de ses dérivés et les mono- et difurfuralcyclohexanones (3).

Ici nous exposerons la préparation des furfural-γ-méthylcyclohexanones et de leurs produits de réduction ainsi que des produits de réduction des mono- et difurfuralcyclohexanones.

(1) Séance du 2 juillet 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1469.

(3) Dans la littérature chimique on donne indistinctement les noms de furfurane et de furane au composé I, de furfurol ou de furol à l'aldéhyde furfurylique II, et d'alcool furfurylique au composé III :

```
      O                 O                  O
 CH╱   ╲CH       CH╱   ╲C — CHO     CH╱   ╲C — CH²— OH
  ║     ║          ║     ║             ║     ║
 CH─────CH       CH─────CH            CH─────CH
     I.               II.                 III.

         O                    O
   CH╱   ╲C — CH²—,     CH╱   ╲C — CH =
     ║     ║              ║     ║
   CH─────CH            CH─────CH
       IV.                  V.
```

Si l'on considère maintenant les radicaux correspondant à chacune de ces molécules,

Les γ- et β-méthylcyclohexanones, qui contiennent le groupe

$$- CH^2 - CO - CH^2 -$$

doivent, comme la cyclohexanone, donner deux produits de condensation avec le furfurol. Nos essais, effectués avec la γ-méthylcyclohexanone dans les mêmes conditions, ne nous ont cependant donné qu'un corps cristallisé, dont les propriétés ressemblent à celles des produits monofurfuraliques.

La fraction, qui, à la distillation sous pression réduite, passe au-dessus de 200°, consiste en une huile jaune et visqueuse, qui n'a pas cristallisé.

Nous avons opéré avec 100g de γ-méthylcyclohexanone, 65g d'amidure de sodium et 160g de furfurol et nous avons obtenu 47g d'une huile bouillant de 160°-200° sous 20mm et à peu près autant d'une fraction passant de 200° à 230°. La fraction 160°-200° se prend partiellement en masse, lorsqu'elle est exposée au froid. Essoré et recristallisé le produit se présente sous la forme de cristaux jaunâtres fondant à 43° et très solubles dans les solvants organiques. Ils constituent *la monofurfural-γ-méthylcyclohexanone*, à laquelle nous attribuons la formule

```
        CO            O
CH²/  \C = CH — C/  \CH
   |    |         ||   ||
CH²\  /CH²      HC———CH
      CH
      |
      CH³
```

N'ayant pas obtenu la difurfural-γ-méthylcyclohexanone cristallisée par

celui de l'alcool IV se déduit aisément du nom de ce composé et deviendra furfuryle, comme celui de l'aldéhyde deviendra furfural ou furfurylidène V.

La nomenclature reste muette sur l'appellation du radical

```
     O
CH/  \C —
  ||   ||
CH————CH
    VI
```

Sur le conseil de M. Haller nous proposons : 1° de réserver le nom exclusif de furane au noyau I et d'attribuer le nom de furfurane, qui lui est actuellement synonyme, à l'α-méthylfurane; 2° de donner le nom de furyle, dérivé de furane, comme éthyle dérivé d'éthane, au radical VI et celui de furfuryle IV restera ainsi logiquement le radical de l'alcool furfurylique.

la condensation au moyen de l'amidure de sodium, nous avons essayé le méthylate de sodium comme agent de condensation [1].

30g de γ-méthylcyclohexanone et 50g de furfurol, traités par 12g de sodium dissous dans 200cm³ d'alcool méthylique absolu, nous ont fourni 34g de *difurfural-γ-méthylcyclohexanone symétrique*.

Ce composé est soluble dans l'éther, peu soluble à froid dans l'alcool et l'éther de pétrole. Recristallisé dans l'alcool, il forme des aiguilles d'un jaune vif, fondant à 94°.

L'huile qui accompagne les cristaux donne, lorsqu'elle est distillée, une petite quantité de monofurfural-γ-méthylcyclohexanone et des matières jusqu'à présent incristallisables. Ces substances sont, sans doute, constituées par des produits de condensation de la γ-méthylcyclohexanone sur elle-même.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Sur la xanthyl-allantoïne*. Note de MM. **R. Fosse** et **A. Hieulle**, présentée par M. E. Roux [2].

1. *Le xanthydrol permet de précipiter, sous forme de son dérivé xanthylé, de très faibles quantités d'allantoïne :*

$$O\left\langle{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right\rangle CHOH + H-NH-CO-NH-\underset{\displaystyle CO-NH}{CH}-NH-CO$$

$$= H^2O + O\left\langle{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right\rangle CH-NH-CO-NH-\underset{\displaystyle CO-NH}{CH}-NH-CO$$

A. Si au milieu contenant

Allantoïne	0g,005
Acide acétique	1cm³
Eau	0cm³,25

on ajoute

Xanthydrol pur	0g,02

on voit, après dissolution du réactif par légère agitation, se déposer, en 3 minutes environ, la xanthyl-allantoïne, formée au microscope de fines aiguilles groupées en étoiles, éventails ou gerbes, rappelant la xanthyl-urée,

(1) Wallach, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, t. 29, p. 1596.

(2) Voir R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1719.

recristallisée de l'alcool. La liqueur témoin sans allantoïne demeure indéfiniment limpide.

B. La solution

Allantoïne	$0^g,002$
Acide acétique	1^{cm^3}
Eau	$0^{cm^3},5$

additionnée de

Xanthydrol	$0^g,01$

dépose, en 20 minutes environ, des cristaux caractéristiques. Le même précipité apparaît encore, mais plus lentement, après plusieurs heures, en ne prenant qu'un milligramme seulement d'allantoïne. La solution témoin, limpide 17 heures après sa préparation, abandonne ensuite un peu de xanthane et de xanthone.

2. *La xanthyl-allantoïne ne peut être confondue avec la xanthyl-urée.* — Elle s'en distingue non seulement par l'analyse quantitative, la détermination du point de fusion-décomposition, la solubilité, la forme cristalline, mais aussi par son attitude à l'égard des alcalis et par d'autres réactions caractéristiques.

L'alcool méthylique bouillant au reflux ne dissout qu'une quantité extrêmement faible d'urée-xanthylée. Par concentration et refroidissement, se dépose une trace de matière floconneuse, formée de filaments microscopiques, généralement groupés, fondant avec décomposition, tube étroit, après plusieurs minutes de séjour dans la vapeur d'oxyde phényle en ébullition (261° n. c.). Dans les mêmes conditions la xanthyl-allantoïne entre plus abondamment en solution et cristallise en lamelles losangiques, fondant à 214°-215°, après coloration vers 210°.

3. *Fixation de potasse par la xanthyl-allantoïne en suspension dans une solution de cet alcali.* — Au contact de la liqueur $\frac{N}{1}$ de KOH, cet uréide-xanthylé ne disparaît pas et semble même sans action, comme la xanthyl-urée dans les mêmes conditions. Cette inertie n'est cependant qu'apparente, car la xanthyl-allantoïne, quoique insoluble dans l'eau, triturée avec la potasse normale, la détitre en lui prenant de l'alcali, qu'elle fixe à l'état de combinaison très peu soluble.

4. *Dissolution de la xanthyl-allantoïne dans la potasse, régénération de ce corps de sa solution alcaline : Expérience I.* — La xanthyl-allantoïne, insoluble ou extrêmement peu soluble dans KOH $\frac{N}{1}$, peut se dissoudre dans cet alcali à

une plus grande dilution, si l'on opère ainsi qu'il suit. On triture $0^g,1$ de matière avec 1^{cm^3} de KOH $\frac{N}{1}$. La dissolution ne se produit point; elle a lieu, si l'on dilue le mélange avec une grande quantité d'eau : 30^{cm^3}. Au contact de KOH $\frac{N}{1}$, on obtient une combinaison potassique, insoluble ou extrêmement peu soluble dans cette liqueur $\frac{N}{1}$, soluble, au contraire, dans KOH 20 à 30 fois plus étendue.

Expérience II. — La solution alcaline, préparée d'après l'expérience I, légèrement acétifiée, abandonne un précipité volumineux, ressemblant à de l'hydrate d'alumine. En le dissolvant dans l'alcool méthylique bouillant, après expression entre des feuilles de papier à filtrer, on obtient, par refroidissement, des lamelles losangiques de xanthyl-allantoïne. De là, résulte donc la possibilité de séparer la xanthyl-urée de la xanthyl-allantoïne.

5. *Transformation de la xanthyl-allantoïne en xanthyl-allantoate de potassium :*

```
NH—CO—NH—CH—NH                              NH—CO—NH—CH—— NH
|              |    \                        |          |     |
|              CO—NH—CO                      |          COOK  CO
      /CH\                +KOH                  /CH\          |
C⁶H⁴<    >C⁶H⁴            ——→           C⁶H⁴<    >H⁴C⁶        NH²
      \O/                                       \O/
```

Il suffit d'abandonner un ou deux jours à la température ordinaire ou de chauffer légèrement la solution alcaline de xanthyl-allantoïne. Le sel de potassium, en petits cristaux brillants, argentés, très peu soluble, commence à apparaître presque aussitôt après la préparation de la solution. Recueilli par centrifugation, lavé, séché jusqu'à poids constant, d'abord à 40°, puis vers 100°; il répond à la formule

$$NH^2—CO—NH—\underset{\displaystyle COOK}{CH}—NH—CO—NH—CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O \quad \text{ou} \quad C^{17}H^{15}O^5N^4K.$$

	Trouvé.		Calculé pour la formule ci-dessus.
N pour 100..........	14,04	14,05	14,21
K »	9,08	9,19	9,92

6. *Propriétés réductrices de la xanthyl-allantoïne.* — Si l'on chauffe, au bain-marie bouillant, ce corps ($0^g,1$) avec HCl fumant (5^{cm^3}), il se colore et

se dissout en formant le chlorure de xanthyle instable et l'allantoïne :

$$O\left\langle{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right\rangle CH-NH-CO-NH-CH-NH \quad (CH-NH \text{ fermé par } CO-NH-CO)$$

$$\xrightarrow{+\,HCl} \left[O\left\langle{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right\rangle CH\right]Cl + NH^2-CO-NH-CH-NH \quad (CH-CO-NH-CO-NH)$$

Puis, le sel de pyrile et l'allantoïne se décomposent à leur tour et l'acide glyoxylique prend naissance. Pour caractériser cet acide aldéhyde, on évapore à sec, reprend le résidu par l'eau (5^{cm^3}), on triture et on filtre. La solution, additionnée de soude, réduit : le réactif de Nessler à froid ; la liqueur de Fehling à chaud ; le réactif de Tollens, lentement à froid, très rapidement à chaud.

7. Ces expériences montrent, en outre de l'intérêt qu'elles présentent pour l'identification de l'allantoïne, la possibilité d'obtenir avec son dérivé xanthylé plusieurs des réactions de l'allantoïne, mises en lumière par Schlieper, Mulder, Ponomareww, L.-J. Simon et Chavanne, Behrend, Schultz, Bougailt et Gros, More, etc.

CHIMIE ORGANIQUE — *Préparation de pétrole à partir d'huiles végétales.* Note [1] de M. **A. Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

J'ai montré, antérieurement [2], que l'on peut préparer certains constituants du pétrole (éther, essence, pétrole lampant) en décomposant les huiles végétales par pyrogénation catalytique, et hydrogénant ultérieurement les produits formés. On n'obtient pas dans cette transformation des huiles lourdes, ni des huiles de graissage.

On pouvait se demander s'il ne serait pas possible de les atteindre, en partant des corps gras que la nature peut renouveler d'une manière permanente.

J'ai indiqué que les produits de la pyrogénation catalytique des huiles végétales et animales sont constitués en majeure partie par des carbures

---

(1) Séance du 9 juillet 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 358 et 658, et t. 176, 1923, p. 35.

éthyléniques. Ils ont une couleur jaune et une odeur forte. Or, on sait que de semblables composés possèdent la propriété de se polymériser sous l'influence de certains corps condensants et particulièrement du chlorure de zinc.

Effectivement, en chauffant pendant quelques heures les hydrocarbures de la pyrogénation catalytique, bouillant entre 240°-280°, avec 10 pour 100 de chlorure de zinc, on les transforme partiellement en produits distillant au-dessus de 330°, et présentant une très grande viscosité.

Mais un phénomène inattendu s'est produit en même temps. Les huiles non polymérisées, qui distillent de nouveau entre 240° et 280°, ont perdu leur couleur jaune et leur odeur âcre. Elles sont incolores et fluorescentes. Cette constatation m'a amené à rechercher si le chlorure de zinc fondu pourrait, en provoquant la déshydratation des huiles végétales, amener leur dislocation à chaud, par un simple cracking à la pression ordinaire, et conduire à du pétrole.

Dans une chaudière en cuivre, j'ai introduit 300^g d'huile de colza et 30^g de chlorure de zinc fondu. En chauffant entre 350° et 400°, il se dégage de l'eau, de l'acroléine, un gaz peu riche, et l'on condense 170^g d'un liquide légèrement acide. Après neutralisation par la soude diluée et lavage à l'eau, sa densité est $D_{18} = 0,8358$.

Par rectification, on isole d'abord : 1° une portion jusqu'à 150°, $D_{18} = 0,7202$, analogue à l'essence américaine; 2° une partie distillant de 150° à 240°, $D_{18} = 0,7796$, analogue à du pétrole lampant; 3° de 240° à 320°, des huiles lourdes, ayant les densités suivantes :

240°-280°	$D_{18} = 0,8115$
280°-300°	0,8358
300°-320°	0,8436

4° des huiles distillant jusqu'à 400°.

Toutes ces portions sont constituées exclusivement par un mélange d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques.

Ces différentes fractions, séparées à leur tour de 10 en 10 degrés, permettent d'identifier quelques-uns de ces carbures. Ainsi, celle qui bout de 75° à 90°, a une densité $D_{18} = 0,6812$. Elle est formée surtout d'hexane et d'hexylène, mélangés aux deux carbures en C^7, qu'il est difficile d'éliminer.

Lorsqu'on chauffe avec du chlorure de zinc fondu, les huiles lourdes bouillant au-dessus de 300°, elles se polymérisent partiellement. On obtient

un liquide, dont la rectification sous pression de 37^{mm} fournit, entre 250°-280°, une huile jaune fluorescente, très visqueuse, $D_{18} = 0,9004$.

En poussant encore plus loin la polymérisation, on atteint une huile qui se prend en masse par refroidissement et fond vers 40°-42°.

Ces résultats montrent que l'action déshydratante du chlorure de zinc, jointe au « cracking », produit sur l'huile de colza une destruction profonde qui conduit à un véritable pétrole de même nature que le pétrole américain.

En outre, l'action polymérisante de ce même sel fournit des huiles visqueuses, utilisables comme lubrifiants.

On arrive ainsi à presque tous les constituants du pétrole naturel.

Il reste un résidu de coke léger, imprégné d'huiles lourdes. Le chlorure de zinc peut être régénéré par dissolution dans l'eau.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *L'action des antioxygènes sur le caoutchouc.* Note (¹) de MM. **André Helbronner** et **Gustave Bernstein**, présentée par M. Charles Moureu.

MM. Moureu et Dufraisse ont montré dernièrement (²) que des traces de composés phénoliques introduites dans des substances autoxydables très diverses paralysaient l'action de l'oxygène sur ces substances et assuraient leur conservation, par un processus catalytique pour lequel ils ont proposé une théorie. Ils ont donné à ces catalyseurs particuliers le nom d'antioxygènes, et, parmi les substances qui sont justiciables de ce procédé de stabilisation ils ont cité, en particulier, le caoutchouc.

Nos expériences poursuivies depuis 1913 sur cette dernière substance confirment pleinement les résultats de MM. Moureu et Dufraisse.

L'un de nous a indiqué (³) que toutes les réactions chimiques du caoutchouc sont précédées de sa dépolymérisation. Celle-ci a été constatée dans la vulcanisation à chaud et dans la vulcanisation par les rayons ultraviolets (⁴), dans l'action du chlorure de soufre sur le caoutchouc lors de la vulcanisation à froid (⁵), dans l'action de l'oxygène sur le caoutchouc (⁶).

(¹) Séance du 2 juillet 1923.

(²) C. Moureu et C. Dufraisse, *Comptes rendus*, t. 174, 30 janvier 1922; t. 176, 5 mars 1923.

(³) G. Bernstein, *The Rubber Industry*, London, 1919, p. 164.

(⁴) A. Helbronner et G. Bernstein, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1343.

(⁵) G. Bernstein, *Le caoutchouc et la gutta-percha*, 1912, p. 6623.

(⁶) G. Bernstein, *Kolloid-Zeit.*, t. 12, 1913, p. 4 et 273.

Nous avons trouvé que lorsque la dépolymérisation s'effectue en présence d'air elle s'accompagne d'une oxydation plus ou moins intense.

Cette considération nous a amenés ensuite à établir que le « tournage au gras » du caoutchouc brut, si souvent constaté par les techniciens dans l'Industrie et qui le rend impropre à toute vulcanisation n'est qu'une résinification du produit due à l'oxydation.

Après avoir mis en évidence que les causes provoquant le « tournage au gras » sont la dépolymérisation suivie d'une oxydation, nous avons cherché à préserver le caoutchouc de l'action oxydante.

Nous avons trouvé que cette protection peut être réalisée par l'incorporation au caoutchouc de substances réductives fixant facilement l'oxygène de l'air, telles que le tannin, l'hydroquinone, etc.

Par exemple, l'addition de 0,1 pour 100 de tannin et d'hydroquinone retarde de plusieurs heures l'oxydation à l'air du caoutchouc dépolymérisé exposé dans un fort courant d'air.

Après ces constatations, nous avons poursuivi nos recherches pour l'application de ce nouveau principe de protection du caoutchouc contre l'oxydation avant, pendant et après la vulcanisation.

Nos recherches ont eu notamment pour objet d'éviter l'oxydation des compositions de caoutchouc contenant du soufre, mises à vulcaniser dans une étuve à air chaud, par additions de petites quantités de réducteurs antioxygènes [1].

L'addition de réducteurs en minimes quantités (0,5 à 5 pour 100) au caoutchouc contenant du soufre et soumis pendant deux heures dans une étuve à air chaud à une température de 130°, permet de réaliser une vulcanisation normale.

Au contraire, en l'absence de réducteur, le caoutchouc dépolymérisé par la chaleur, au lieu de se vulcaniser, réagit avec l'oxygène de l'air, se résinifie et se transforme en une masse gluante.

Le tannin, très efficace à une température inférieure à 130°-132°, devient inopérant aux températures plus élevées, sous l'influence desquelles ce produit se décompose.

Le point de décomposition de l'hydroquinone étant plus élevé, on l'emploie chaque fois que, pour la vulcanisation du caoutchouc à l'air chaud, on est obligé de dépasser la température de 130°.

Si nous passons maintenant à l'action préservatrice pour la conservation

---

[1] A. HELBRONNER, Brevet français 509 667 du 19 avril 1919.

du caoutchouc brut, nos essais peuvent être résumés de la façon suivante :

N° du caoutchouc.	Durée de conservation à l'air.	Préparation de l'échantillon.	Teneur en antioxygène. — Pour 100 de tannin.
		Hevea (plantation, feuilles non fumées).	
1.	Février 1913 à mai 1922 ..	Dépolymérisation en l'absence d'air par les rayons ultraviolets en solution benzénique, formation de pellicules par évaporation du solvant dans le vide.	1
2.	Id. ..	Id.	0
		Congo (noisette partiellement tourné au gras).	
3.	4 fév. 1913 au 12 fév. 1922.	Une partie de gomme grasse a été mélangée avec quatre parties saines; extrait acétonique 26,4 pour 100.	0
4.	6 fév. 1913 au 9 oct. 1922.	Id.	2
5.	6 fév. 1913 au 3 mai 1922.	Id.	2

Résultats. — 1. Bonne conservation. — 2. Décomposition de la surface. — 3. Décomposition complète, masse collante extra-acétonique 42,7 pour 100. — 4. Légèrement collant, extrait acétonique 26,7 pour 100. — 5. Bonne conservation, extrait acétonique, 27,2 pour 100.

Enfin les études comparatives relatives au vieillissement du caoutchouc vulcanisé ont permis de constater que celui-ci est dû également à une oxydation à l'air. Les recherches se poursuivent pour déterminer s'il s'agit bien, comme il nous le semble, d'une oxydation du soufre avec formation d'acide sulfurique, d'où désagrégation du colloïde et oxydation de celui-ci.

Au point de vue expérimental, il a été constaté qu'un caoutchouc vulcanisé contenant 2,5 pour 100 d'hydroquinone s'est parfaitement conservé en gardant toute sa souplesse du 15 février 1913 au 4 mai 1922; le même caoutchouc ne contenant pas d'antioxygène est devenu tout à fait raide, bien que son coefficient de vulcanisation n'ait pas dépassé 2,74.

En résumé :

Le caoutchouc brut dépolymérisé est préservé de l'oxydation par la présence de faibles teneurs d'antioxygènes. Comme types de ces substances on peut citer le tannin et l'hydroquinone, Leur emploi permet :

1° de préserver le caoutchouc brut du « tournage au gras »;

2° de vulcaniser convenablement le caoutchouc à l'air chaud;

3° d'éviter au caoutchouc vulcanisé les effets du vieillissement.

CHIMIE. — *Observation directe de l'hydratation des hydrocarbures.* Note [1] de M. **Paul Woog**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les différences que nous avons signalées dans l'hydratation des hydrocarbures [2] peuvent être observées directement :

Si l'on expose sous une cloche, dans une atmosphère maintenue humide, des huiles anhydres saturées et d'autres non saturées, contenues dans des cristallisoirs, on constate bientôt que les huiles saturées perdent leur transparence. Cet aspect louche, déjà sensible au bout de 24 heures en opérant à 20°, augmente progressivement et devient très apparent. Dans les mêmes conditions, les huiles non saturées restent claires, et on ne les voit perdre leur limpidité que longtemps après les premières. Lorsque, à la suite d'un séjour suffisant dans l'air humidifié, l'aspect des deux types d'huile est devenu également trouble, on constate, en chauffant parallèlement et avec précaution ces liquides, que les huiles saturées s'éclaircissent les premières : leur hydratation est donc moins profonde et moins stable. Dans une atmosphère sèche, les huiles gardent indéfiniment leur transparence. L'apparition d'un louche est encore visible dans les huiles saturées sèches, auxquelles on a incorporé des proportions d'eau inférieures à $\frac{1}{10000}$ et que l'on a refroidies à 13°. Rien ne se manifeste dans les huiles non saturées traitées de même.

L'hydratation des deux types d'huile peut être encore rendue directement visible de la manière suivante :

Lorsqu'une huile étendue sur l'eau forme des plages irisées, on observe un virage local de ces teintes à l'approche d'un corps émettant de la vapeur d'eau. Ce phénomène, déjà signalé par Charles Henry à propos de ses études sur l'irichromatine [3] est dû au bouleversement, par l'introduction de l'eau, des assises moléculaires formant la lame mince. Cette pellicule grasse, qui ne peut se développer qu'aux dépens d'une huile non saturée, est, en effet, constituée par une première couche de molécules maintenue au contact de la nappe d'eau par les doubles liaisons, et sur laquelle reposent les piles de molécules dont la hauteur correspond à la longueur d'onde des rayons colorés réfléchis. Or, les doubles liaisons éparses dans l'épaisseur

---

[1] Séance du 9 juillet 1923.

[2] Paul Woog, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 60.

[3] Charles Henry, *Bull. Soc. Encourag.*, juin 1898, p. 735.

de la couche, ont gardé toute leur affinité pour l'eau; elles ne peuvent atteindre la couche aqueuse sous-jacente en raison de la protection réalisée par la première assise moléculaire, mais elles absorbent la vapeur d'eau qui peut venir à leur contact et se précipitent au-devant d'elle; c'est ce déplacement des molécules qui se traduit par des variations d'épaisseur de la pellicule et par le changement de coloration correspondant.

L'extension sur l'eau des hydrocarbures saturés n'étant pas possible, nous avons réalisé avec de semblables liquides des lames minces colorées, en soufflant des bulles stabilisées par l'artifice suivant : L'huile était contenue dans un filtre à plis haut de 15^{cm}, ouvert dans un entonnoir évasé de 14^{cm} de diamètre. Un tube de verre de 8^{mm} d'ouverture plongeait jusqu'au fond et laissait échapper des bulles d'air au sein de l'huile près de la pointe du filtre : celles-ci montaient lentement et sans choc à la surface, grâce à la viscosité du liquide. Les calottes minces, ainsi formées, se dirigeaient facilement vers les plis du filtre qui armaient alors les lames minces et les soutenaient pendant un temps appréciable. Les huiles non saturées fournissent, bien entendu, des bulles avec la même facilité.

Dans ces conditions, si l'on approche une goutte d'eau adhérent à un agitateur, de ces lames huileuses qui réfléchissent de vives nuances, on voit aussitôt se former à leur surface des tourbillons irisés qui suivent tous les déplacements de la goutte d'eau. Ces changements de couleur mettent en évidence la facile hydratation des carbures saturés ou non; les virages sont plus rapides sur les bulles d'huiles non saturées, grâce à l'activité des doubles liaisons, mais la variation des teintes que l'on observe sur les lames minces d'huiles saturées prouvent que là aussi il existe dans les molécules des points sensibles à la présence de l'eau.

La même expérience, faite avec des bulles soufflées dans une solution d'oléate de soude, montre une indifférence totale de la paroi colorée à la présence de la goutte d'eau : la fixité et l'éclat des couleurs restent inaltérés, même si l'eau vient jusqu'au contact de la bulle. Dans celle-ci, les molécules d'acides gras sont en effet orientées; l'affinité de leurs carboxyles ainsi que de leurs liaisons non satisfaites est annulée par le contact de ces groupes atomiques actifs avec la lame d'eau centrale que contient toute plage élémentaire d'une lame mince d'eau de savon (J. Perrin) : il n'y a donc aucune raison pour que les molécules d'acides gras se déplacent à l'approche de la goutte d'eau.

MYCOLOGIE. — *Sur un nouveau genre de Pyrénomycètes.* Note de M. A. Loubière, présentée par M. L. Mangin.

A plusieurs reprises, j'ai isolé, du fromage de Brie, une Mucédinée qui répond par ses caractères au *Monilia candida* et qui offre cette remarquable particularité de produire abondamment, en cultures pures, des fructifications ascosporées. Comme ces appareils ascophores ne sauraient être rapportés à aucun des genres de Pyrénomycètes déjà décrits, je désigne ce nouveau Champignon sous le nom de *Nephrospora*, en raison de ses ascospores réniformes et je dédie cette nouvelle espèce : le *Nephrospora Mangini*, à mon éminent maître, M. le Professeur Mangin.

Le *Monilia candida* se développe avec facilité sur les milieux usuels. Il donne d'abord un gazon blanc, laineux, touffu; ensuite il se condense, s'épaissit, en exsudant à sa surface des gouttelettes d'un liquide ambré. A la partie inférieure du tube de culture, les hyphes, en s'entre-croisant, forment une toile mycélienne gaufrée. Plus tard apparaissent, en grand nombre, soit à la surface, soit à l'intérieur de la lame mycélienne, les appareils ascophores, isolés ou groupés : ils ont l'aspect de granules noirs, visibles à l'œil nu.

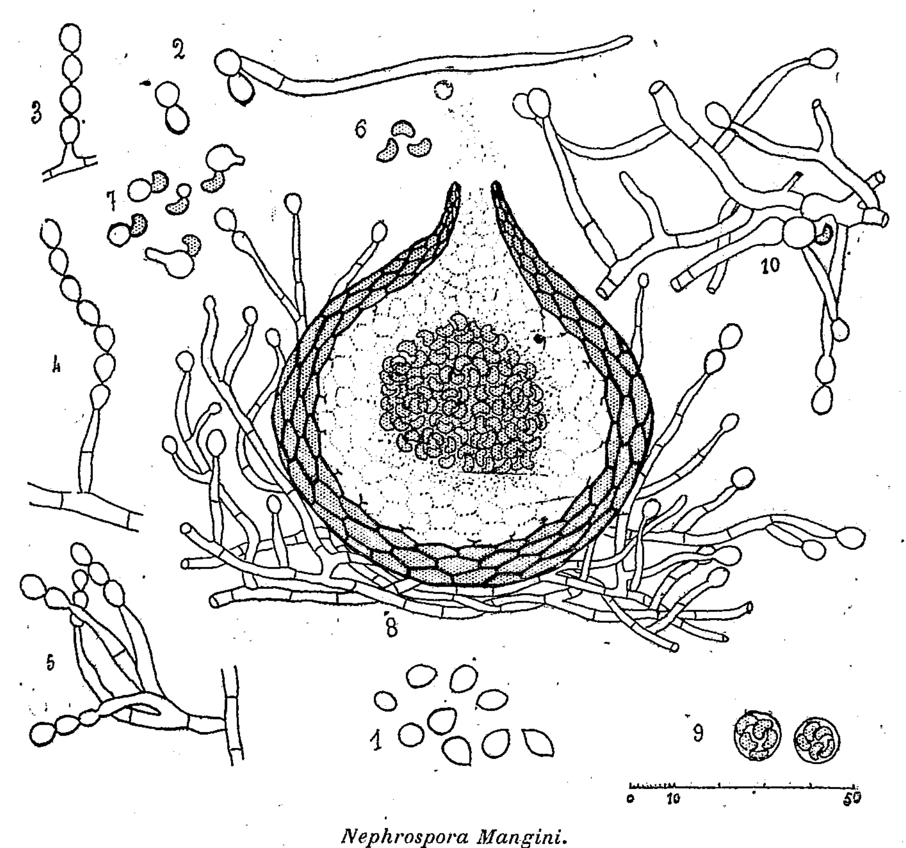
A l'examen microscopique, le mycélium se montre formé de filaments incolores, septés, ondulés, ramifiés, enchevêtrés et de calibre irrégulier. Les hyphes portent des conidiophores assez longs ou très courts, simples ou ramifiés (*fig.* 3, 4, 5). Les conidies (*fig.* 1) sont hyalines, subsphériques ou citriformes; elles mesurent en moyenne $7^{\mu},5 \times 6^{\mu}$. Semées en goutte pendante, elles germent après quelques heures, en émettant d'abord une vésicule germinative (*fig.* 2), sorte de sphérule de laquelle partent ensuite des filaments, identiques à ceux du mycélium initial.

La sporulation est précoce : dès le deuxième jour, les conidies se montrent, en progression basifuge, à l'extrémité effilée des hyphes fructifères, en donnant des chaînettes qui comprennent parfois jusqu'à trente-cinq éléments réunis entre eux par un disjonctor très étroit. Cette germination se produit également avec des conidies âgées de plusieurs années.

Les périthèces, subcarbonacés et piriformes, mesurent de 90^{μ} à 175^{μ} de hauteur sur 85^{μ} à 150^{μ} de largeur; leur paroi a de 10^{μ} à 15^{μ} d'épaisseur et présente plusieurs couches de cellules cutinisées, brunâtres, presque noires.

Des sections verticales de périthèces adultes (*fig.* 8) permettent d'observer la présence d'un ostiole, au sommet d'un cône surbaissé,

Les thèques, exactement globuleuses et pourvues d'une paroi très mince, ne sont jamais accompagnées de paraphyses ; elles mesurent 10^{μ} de diamètre et contiennent 8 ascospores (*fig.* 9); ces ascospores (*fig.* 6) mesurent $5^{\mu} \times 3^{\mu},5$; leur couleur est d'un jaune d'or pâle et leur forme affecte nette-



Nephrospora Mangini.

Fig. 1. Conidies. — Fig. 2. Conidies en germination. — Fig. 3, 4, 5. Conidiophores. — Fig. 6. Ascospores. — Fig. 7. Germination des ascospores. — Fig. 8. Section verticale à travers un périthèce mûr. — Fig. 9 Asques. — Fig. 10. Germination d'une ascospore après 48 heures.

ment celle d'un rein : d'où le nom donné au nouveau Champignon ; elles sont munies d'un seul pore germinatif situé à l'une des extrémités arrondies.

A l'intérieur du jeune conceptacle, se trouve un pseudo-parenchyme délicat, dont les cellules polyédriques se distinguent de celles de la paroi, par leur minceur, par leur réfringence et par leur contenu doué d'une grande affinité pour les colorants. Les asques prennent naissance dans les cellules de ce pseudo-parenchyme ; ils apparaissent comme des globules clairs dans lesquels ne tardent pas à se montrer les 8 ascospores. En même temps, la région centrale de ce faux tissu commence à se gélifier et les thèques

s'assemblent vers le centre de la cavité périthéciale pour former une masse d'un jaune clair. Peu après celle-ci ne présente seulement que des ascospores groupées par huit, mais déjà libérées, par déliquescence précoce, de la membrane de l'asque.

A l'état mûr, le *Nephrospora Mangini* renferme, au centre d'un mucilage, un nucleus jaune, difficilement colorable, et constitué par l'amoncellement des ascospores. La dissémination de la gelée ascosporifère se produit par le passage au travers de l'ostiole.

En semant quelques-unes de ces ascospores en cellule Van Tieghem, on les voit germer dès le premier jour (*fig.* 7). Elles conservent leur forme et émettent au pore unique une vésicule germinative, analogue à celle produite par la conidie. En partant d'une culture monosperme, j'ai pu suivre, en détail, la germination de cette ascospore.

Issu de cet élément, le mycélium donne naissance à des filaments fructifères qui, en moins de deux jours, engendrent des conidies (*fig.* 10) identiques à celles que j'ai décrites plus haut.

Ainsi se trouve réalisé le cyclec omplet de développement du *Nephrospora Mangini*.

Par ses thèques globuleuses, non entremêlées de paraphyses, le *Nephrospora* se rapproche de *Peristomium* Lechmere et de *Fragosphæria* Shear; de plus, il rappelle le premier, par la présence d'un ostiole apical, et le second, par ses ascospores.

Mais il s'éloigne de *Peristomium* par ses ascospores et ses filaments mucédinéens et se sépare de *Fragosphæria* par le mode de déhiscence de son périthèce. Enfin et surtout il s'écarte de ces deux genres par l'absence de filaments ascogènes.

Donc le *Nephrospora Mangini* présente à la fois des caractères intermédiaires entre les Sphæriacées et les Périsporiacées.

Voici la diagnose de ce nouveau genre et de cette nouvelle espèce :

NEPHROSPORA, *nov. gen.* :

Peritheciis subcarbonaceis, ostiolatis, superficialibus v. mycelio albo flocoso conidifero plus minus immersis; ascis globosis, octosporis, aparaphysatis; sporis reniformibus, læte coloratis; conidiis eatenulatis hyalinis, subglobosis v. limoniformibus.

N. MANGINI, *nov. sp.* :

Peritheciis atris, piriformibus, 90-175$^{\mu}$ *altis*, 85-150$^{\mu}$ *latis; ascis globosis* 10$^{\mu}$ *diam.; sporis* 5$^{\mu}\times$3$^{\mu}$,5, *dilute aureis; conidiis* 7$^{\mu}\times$6$^{\mu}$,5.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence de la température sur le rendement énergétique dans la germination.* Note [1] de MM. **Émile-F. Terroine, R. Bonnet** et **P.-H. Joëssel**, présentée par M. L. Guignard.

Plusieurs faits importants, observés dans des domaines très différents, tendent à établir que le rendement énergétique des réactions biologiques n'est pas influencé par la température :

1° Le coefficient d'utilisation, dans le développement du *Proteus vulgaris*, est sensiblement le même à 36° et 14° (Rubner, 1906) ;

2° Lors de la multiplication de l'*Aspergillus niger*, la seule source d'énergie offerte étant le glucose, le coefficient d'utilisation de glucose est exactement identique (0,44) à 22°, 29°, 36° et 38°, c'est-à-dire à l'intérieur des limites de température compatibles avec le développement de l'organisme (Terroine et Wurmser, 1921);

3° Le rendement énergétique de la contraction musculaire paraît bien devoir être indépendant de la température (Hill, 1916).

Poursuivant nos recherches sur l'énergie de croissance, nous avons abordé l'étude du rendement énergétique dans la germination. Notre première préoccupation a donc été, là encore, de préciser l'influence que pouvaient exercer les variations de température sur la valeur de ce rendement. N'ayant pu jusqu'ici séparer, dans la dépense totale, la part de la dépense d'entretien, notre étude a porté sur le rendement énergétique brut, et cela au cours de la germination de deux graines : l'arachide (*Arachis hypogea*) et la lentille (*Lens esculenta*).

Quelles données expérimentales faut-il obtenir pour calculer le rendement énergétique brut à un moment quelconque de la germination ? Ce rendement est le rapport de la quantité d'énergie accumulée dans la totalité de la plantule à la quantité d'énergie disparue de la graine depuis le début de la germination jusqu'au moment considéré. La première donnée peut être directement acquise; la seconde est une différence entre la quantité d'énergie renfermée dans la graine avant la germination, et celle qui s'y trouve encore lorsqu'on arrête l'expérience.

Toute mesure nécessite donc la connaissance de trois valeurs : 1° l'énergie de la plantule; 2° l'énergie de la graine au début; 3° l'énergie de la graine à la récolte.

---

[1] Séance du 9 juillet 1923.

Ces valeurs, obtenues par des techniques qui seront décrites dans un prochain Mémoire, ont été déterminées dans le cas de l'arachide pour des germinations ayant eu lieu à 17° et 30°, et dans le cas de la lentille pour des germinations opérées à 11°, 18° et 30°.

Nous avons relevé ci-dessous les résultats obtenus en plaçant dans chaque cas, à côté du rendement énergétique brut, la longueur de la plantule au moment de la récolte ainsi que la durée de la germination.

Arachide.

17°,5.			30°.		
Longueur de la plantule en cm.	Durée.	Rendement énergétique pour 100.	Longueur de la plantule en cm.	Durée.	Rendement énergétique pour 100.
10,0...	15 jours 6 heures	53,69	5,5...	4 jours 4 heures	51,46
13,5...	30 »	53,04	6,0...	2 » 18 »	56,09
14,0...	30 »	51,07	8,0...	4 » 4 »	56,90
29,0...	30 »	53,13	10,5...	8 » 18 »	51,50
″ ...	″ »	″	24,0...	10 » ″ »	50,80
″ ...	″ »	″	27,0...	7 » 18 »	53,98
″ ...	″ »	″	29.....	10 » ″ »	52,30
″ ...	″ »	″	30.....	5 » 20 »	56,90
	Moyennes...	52,73			53,70

Lentilles
(longueur moyenne des plantules : 9^{cm}).

11°.		18°.		30°.	
Durée.	Rendement énergétique pour 100.	Durée.	Rendement énergétique pour 100.	Durée.	Rendement énergétique pour 100.
10 jours...	63,0	6 jours 5 heures...	63,06	6 jours...	62,90
10 » ...	62,50	6 » 5 » ...	63,41	6 » ...	65,00
″ » ...	″	7 » 6 » ...	63,01	7 » ...	62,92
″ » ...	″	″ » ″ » ...	″	7 » ...	60,69
″ » ...	″	″ » ″ » ...	″	7 » ...	61,92
″ » ...	″	″ » ″ » ...	″	7 » ...	60,86
″ » ...	″	″ » ″ » ...	″	7 » ...	62,95
Moyennes:	62,75		63,76		62,46

Les résultats répondent d'eux-mêmes à la question posée, avec une remarquable précision : *Si la température agit, ce que l'on sait bien, sur la vitesse du développement, elle n'exerce par contre, rigoureusement, aucune influence sur le rendement énergétique des processus de la germination.*

Il apparaît donc de plus en plus que les phénomènes ici rapportés aussi bien que les faits précédemment rappelés, loin d'être des observations isolées, sont au contraire très vraisemblablement les expressions particulières d'une loi qui vaut pour tous les phénomènes biologiques et que Terroine et Wurmser [1] ont exprimé en disant que « l'énergie utilisable des réactions impliquées dans ces phénomènes ne varie pas sensiblement dans l'intervalle de température compatible avec la vie ».

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Forme correcte de l'expérience sur le chromatisme de l'œil par obturation partielle de la pupille.* Note de M. **A. Polack**, présentée par M. J.-L. Breton.

L'expérience qui consiste à obturer la moitié de la pupille ou une plus grande étendue de sa surface, pour faire apparaître des couleurs irisées sur les bords des objets, est très ancienne. Déjà Newton la cite à l'appui de sa thèse sur le défaut d'achromatisme de l'œil, et les auteurs, depuis cette époque, la reproduisent à peu près dans ces termes :

Lorsqu'on couvre la moitié ou une plus grande partie de la pupille à l'aide d'un écran opaque, on voit apparaître sur les bords des objets des colorations analogues à celle que produit le prisme. Une bande blanche sur fond noir semble bordée d'orangé rouge du côté correspondant au segment pupillaire obturé, elle paraît au contraire bordée de bleu violet du côté opposé.

Il y a là une démonstration évidente du chromatisme de l'œil. Mais les auteurs voient en outre dans ce phénomène une preuve que nous accommodons sur les radiations moyennes du spectre visible ou, plus exactement, sur le cercle de diffusion commun aux radiations extrêmes, les rouges et les violets.

Cette opinion généralement répandue ne résiste pas à l'analyse des faits :

Lorsque, dans l'intention de couvrir la moitié de la pupille, nous avançons graduellement devant elle, sans autres précautions, l'écran obturateur, jusqu'à développer l'effet des bords colorés, nous couvrons en réalité plus de la moitié de son ouverture, pour la raison très simple que, dans ces conditions, l'effet cherché devient plus net.

Or, il est facile de voir expérimentalement que, si la pupille est couverte

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 482.

sur plus de la moitié de son étendue, les variations de l'accommodation ne produisent plus aucune modification essentielle dans les liserés colorés :

Que notre œil soit accommodé sur les radiations rouges, violettes ou moyennes du spectre, on observe toujours les mêmes colorations, l'orangé rouge du côté correspondant à l'écran obturateur et le bleu violet du côté opposé ([1]).

On ne peut donc pas conclure à l'accommodation sur les radiations moyennes du simple fait que l'obturation partielle de la pupille produit sur les bords d'une bande blanche un liseré rouge du côté de l'écran obturateur et un liseré bleu du côté opposé.

Il en est autrement dans le cas où l'écran couvre juste la moitié de la pupille (supposée bien centrée).

Ici l'aspect des liserés colorés varie essentiellement avec l'accommodation : Lorsque celle-ci se fait sur l'extrême rouge, le liseré orangé rouge est remplacé par une nuance légèrement rosée qui colore la zone marginale de la plage blanche; du côté opposé de la plage on observe un large liseré vert bleu violet, qui la déborde et se répand sur le fond noir.

C'est l'inverse dans l'accommodation sur l'extrémité violette du spectre; ici c'est le liseré bleu violet qui disparaît et le bord correspondant de la plage blanche prend une teinte violacée, tandis que le bord opposé est auréolé d'un large halo orangé rouge qui empiète sur le fond.

Les deux liserés d'égale largeur ne se produisent que dans l'accommodation sur les radiations moyennes; le liseré vert bleu violet est orienté du côté libre de la pupille et le jaune orangé rouge du côté obturé. Si l'œil accommode sur des radiations plus rapprochées de l'une des extrémités du spectre, le liseré correspondant à la couleur de cette extrémité se rétrécit, tandis que celui du côté opposé s'élargit en conséquence.

A l'aide d'un objectif dispersif, j'ai pu reproduire sur plaques autochromes ces différents aspects.

Il résulte de ce qui précède que seule l'expérience conduite avec la pupille

---

([1]) La seule différence qu'il m'a été possible de constater et qui ne paraît pas avoir été encore signalée, c'est que, dans l'accommodation sur les rayons rouges, le liseré de cette couleur occupe une zone marginale sur la plage blanche même, sans déborder sur le fond, tandis que du côté opposé le liseré bleu violet dépasse le bord de cette plage et se répand sur le fond avoisinant. La disposition inverse s'observe quand l'œil accommode sur les radiations violettes. Enfin, dans l'accommodation sur les radiations moyennes, les deux côtés de la plage sont également débordés par les liserés correspondants.

obturée exactement dans la moitié de son étendue, c'est-à-dire jusqu'à l'axe, permet de déterminer avec une certaine approximation les radiations du spectre sur lesquelles se fait l'accommodation de notre œil.

En prenant toutes les précautions expérimentales utiles, pour amener l'obturation exacte de la moitié de la pupille, dilatée par instillation de cocaïne, j'ai pu constater que le liseré orangé rouge est presque imperceptible et qu'il est remplacé par la teinte rosée de la zone marginale de la plage blanche.

Cette expérience prouve donc, comme mes expériences antérieures, que nous accommodons à l'état normal non pas sur les radiations moyennes, mais sur les radiations voisines de l'extrémité rouge du spectre visible.

ÉNERGÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Oscillation verticale du centre de gravité du corps pendant la marche en descente sur plan incliné.* Note [1] de MM. **R. Faillie** et **J.-P. Langlois**, présentée par M. J. Breton.

D'après Lefèvre, l'équivalent énergétique de la marche, par kilomètre, est donné par la formule

$$T = \frac{2}{3} n P h + \frac{3}{4} n \frac{P}{g} v^2 + \frac{3}{4} n \frac{p}{g} \omega^2 R^2,$$

n étant le nombre de pas du sujet par kilomètre;

v est l'accroissement maximum de vitesse dans un pas, dû à la contraction musculaire;

ω est la vitesse angulaire du membre inférieur;

R est le rayon de gyration.

Cette formule est celle déjà établie par Marey, modifiée par l'application de la loi sur le travail résistant de Chauveau (le travail négatif coûte 0,52 de ce que coûte le travail positif de même valeur).

En appliquant cette formule à la marche d'un sujet pesant 52^{kg}, ayant une taille de $1^m,61$, faisant 1600 pas au kilomètre, et ayant une oscillation verticale de 3^{cm} à chaque pas, nous trouvons

$$T = 3744 - 572 - 368 = 4684^{kgm} \text{ au kilomètre.}$$

En comparant les valeurs des trois équivalents énergétiques :

---

[1] Séance du 25 juin 1923.

1° Oscillation verticale du corps : T_1 ;

2° Variation périodique de force vive : T_2 ;

3° Oscillation du membre inférieur libre : T_3,

on constate que T_1 est de beaucoup le plus important.

Utilisant le tapis roulant déjà précédemment décrit, nous avons cherché si l'équivalent énergétique T_1 n'était pas modifié pendant la marche en terrain incliné. Demeny, qui avait insisté sur les modifications apportées au facteur T_1 par les variations du rythme, avait utilisé un appareil enregistreur, placé sur un chariot, pour inscrire les variations d'oscillations verticales du centre de gravité. La complexité des mouvements du corps ne lui permit pas de décomposer d'une façon satisfaisante l'oscillation du centre de gravité pendant la marche. La technique de Benedict et Tigerstedt prête aux mêmes critiques.

Nous avons remplacé le chariot porte-inscripteur de Demeny par un chariot enregistreur, très léger, relié à la ceinture de notre marcheur par une tige rigide, oscillant autour d'un axe horizontal et maintenue dans un plan vertical par une fourche. Le tout est solidaire d'un petit chariot à roulettes, se déplaçant sur un chemin de roulement horizontal. Le chariot est assujetti à se mouvoir dans un plan horizontal. Il porte un appareil d'inscription, sur lequel s'enregistre le mouvement angulaire de la tige d'attelage, c'est-à-dire une amplitude proportionnelle à l'oscillation verticale du centre de gravité.

Oscillations verticales du centre de gravité en fonction de la pente, évaluées en millimètres.

Sujets.	Taille.	Fréquence.	Montée pour 100. 15.	10.	5.	0.	Descente pour 100. 5.	10.	15.
S.	1m,61	120	59	49	45	35	34	52	67
S.	»	»	62	45	40	34	33	54	67
V.	1,82	104	49	40	40	36			
Mme G.	1,67	116	49	47	40	35			
Mme C.	1,57	120				31	28	40	44
Mme S.	1,59	132	42	32	28	24	20	23	32

Les expériences ont été poursuivies sur des sujets des deux sexes, dont les tailles étaient comprises entre $1^m,57$ et $1^m,82$. La vitesse du tapis, constante et uniforme, était de $4^{km},500$ à l'heure, correspondant, d'après Demeny, au minimum de l'oscillation verticale du centre de gravité. Le rythme était constant pour un même sujet. Les inscriptions ont été prises avec des pentes de 5 pour 100, 10 pour 100 et 15 pour 100, tant à la montée qu'à la descente.

Nous résumons dans le Tableau ci-dessus les résultats de ces différentes expériences :

Nous pouvons donc conclure que, d'une façon générale, l'oscillation verticale du centre de gravité n'est pas constante pendant la marche en terrain incliné. Elle varie dans le même sens que la valeur absolue de la pente; et, en particulier dans la descente d'une pente supérieure à 5 pour 100, contrairement à l'hypothèse généralement admise, elle est plus grande que dans la marche horizontale.

Ces résultats ont été obtenus sur des sujets sportifs, mais non spécialement entraînés à la montagne, à l'exception de Mme S. Celle-ci, bien entraînée à la montagne, marche en flexion.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence de la lumière sur le pouvoir activant du sperme d'Oursin.* Note de Mme **ANNA DRZEWINA** et M. **GEORGES BOHN**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La survie du sperme d'Oursin ainsi que le maintien de son pouvoir fécondant sont fonction de sa concentration et du temps de son séjour dans l'eau de mer. Mais ils sont fonction aussi — et c'est là le sujet de cette Note — de l'éclairement. De deux spermes, prélevés dans les mêmes conditions, et au même degré de concentration, mais dont l'un est conservé à la lumière diffuse du laboratoire et l'autre à l'obscurité, ce dernier garde beaucoup plus longtemps son pouvoir activant. Soient deux tubes contenant chacun 6^{cm^3} d'une dilution de sperme de *Strongylocentrotus lividus*, au $\frac{1}{1000}$; au bout d'un certain temps, 8 heures par exemple, le sperme maintenu à la lumière voit son pouvoir fécondant tomber à zéro; au même instant celui à l'obscurité peut féconder encore 75 pour 100 des œufs.

Dans une Note précédente [1], où nous n'avons pas encore fait état de l'influence de l'éclairement, nous avons montré que quand on étudie la perte dans le temps du pouvoir fécondant d'un sperme que l'on vient de diluer, et quand on en trace la courbe, on constate, tout au début, une *oscillation différentielle* qui se traduit par une chute brusque, puis un redressement. Il était à prévoir que le passage du sperme de la lumière à l'obscurité donnerait lieu à une oscillation analogue, et il en est de fait ainsi. Nous prenons, par exemple, du sperme dilué au $\frac{1}{50000}$, et nous le répartissons par 2^{cm^3} dans deux séries de verres de montre, les uns à la lumière, les autres à l'obscurité; de 10 minutes en 10 minutes on ajoute les œufs.

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 79.

Comme il s'agit dans cette expérience d'un sperme déjà fort dilué, et de plus maintenu en verre de montre, ce qui en accélère encore l'épuisement, la perte du pouvoir fécondant s'accuse assez rapidement. Au bout de 20 minutes, elle est déjà presque complète pour le sperme à la lumière; celui à l'obscurité résiste plus longtemps, et après 1 heure féconde 15 pour 100 des œufs. Quand on examine de plus près ce qui se passe dans cet intervalle de temps, on constate ceci : aussitôt après la dilution, le sperme à l'obscurité féconde environ 100 pour 100 des œufs (comme d'ailleurs aussi celui à la lumière); 10 minutes après, baisse considérable : il ne féconde plus que 10 pour 100 des œufs (celui à la lumière en féconde davantage à ce moment); mais, après 10 nouvelles minutes, redressement : on compte 20 pour 100 d'œufs fécondés (alors que le sperme à la lumière est déjà presque inactif). A partir de ce moment, la courbe accuse une descente progressive et lente. Mais il est évident que le phénomène d'*oscillation différentielle* en question ne peut se manifester qu'à certaines concentrations. Si celles-ci sont trop fortes, s'il s'agit de sperme au $\frac{1}{100}$ par exemple, ou même au $\frac{1}{1000}$, c'est-à-dire à des concentrations où le sperme est de façon générale peu sensible, aussi bien vis-à-vis de la lumière que vis-à-vis des agents chimiques [KCl, eau douce ([1])], l'oscillation est faible et passe inaperçue. Et d'autre part, aux très faibles concentrations, la chute du pouvoir fécondant est trop rapide pour qu'une oscillation puisse se produire.

Si maintenant on compare entre elles les cultures obtenues avec les spermes conservés à la lumière et l'obscurité, et à des concentrations moyennes, on constate un fait assez remarquable. Même quand le sperme à la lumière n'accuse pas encore de fléchissement, les œufs qu'il féconde se développent, au début, plus lentement que ceux fécondés avec du sperme sortant de l'obscurité : les stades 2 apparaissent avec un retard de 5, 10, 15 minutes, parfois même davantage, jusqu'à 30 minutes. Toutes ces cultures ont été faites à des températures assez peu élevées, 16° généralement.

L'action favorisante de l'obscurité sur la survie du sperme se manifeste aussi quand on le soumet à des traitements nocifs; les expériences avec le rouge neutre sont particulièrement frappantes à cet égard ([2]). Ce colorant dit « vital », qui passe généralement pour peu nocif, a des effets désastreux

---

([1]) *Variations dans le temps du pouvoir fécondant du sperme d'Oursin traité par des substances nocives, en rapport avec son degré de dilution* (*Comptes rendus Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 383).

([2]) *Action toxique du rouge neutre en présence de la lumière* (*Comptes rendus Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 386).

quand il est appliqué au sperme d'Oursin. A des doses infinitésimales, au $\frac{2}{10000000}$ par exemple, il peut inactiver en une vingtaine de minutes un sperme assez concentré (au $\frac{1}{1000}$). A l'obscurité, malgré le rouge neutre, le pouvoir fécondant du même sperme persiste pendant des heures, 8 heures par exemple (il y a des variations individuelles). Quand on songe qu'à cette concentration, une survie de 8 heures, à la lumière, est déjà assez longue, même pour un sperme non traité, tout simplement dilué dans l'eau de mer, on reconnait l'importance du surcroît de résistance que l'obscurité confère au sperme traité par le rouge neutre.

La susceptibilité du sperme vis-à-vis de la lumière est d'autant plus curieuse à signaler que les œufs ne se montrent guère sensibles à ce facteur.

EMBRYOLOGIE. — *Rôle du feuillet moyen dans l'assemblage des premières ébauches de l'œil.* Note [1] de M. **Ch. Dejean**, présentée par M. Henneguy.

Les premières ébauches de l'œil, l'ectoderme qui va donner le cristallin et la vésicule optique, ne sont point simplement juxtaposées au début de la formation de cet organe, mais elles sont intimement liées l'une à l'autre, ce qui est une des conditions essentielles de la formation du globe oculaire. Cette liaison est le fait du feuillet moyen.

Les rapports de ce dernier avec les ébauches optiques sont généralement décrits de la manière suivante : Chez tous les non Mammifères la cupule optique vient en contact direct avec l'épithélium cristallinien, sans l'interposition entre eux d'aucune lame cellulaire mésodermique. Chez les Mammifères, au contraire, il existe au début une lame cellulaire mésodermique qui s'interpose entre ces deux ébauches et qui semble bientôt disparaître. Mais cette lame cellulaire ne représente point tout le mésoderme, ce dernier comprend aussi les vitrées qui soulignent les épithéliums des ébauches en présence, et que l'on doit rattacher à ce feuillet à cause de leur caractère de substances collagènes, marqué par les réactifs colorants. Ces vitrées s'unissent et se confondent l'une et l'autre dans toute l'étendue où les deux ébauches oculaires viennent au contact. Elles constituent chez la plupart des Vertébrés le seul lien entre ces ébauches. Chez les Mammifères les cellules mésodermiques formant la couche temporaire signalée plus haut, sont uniquement des germes vasculaires dont l'écartement, consécutif à l'accroissement des parties, et la transformation en vaisseaux ont fait croire à la disparition. Il importe de bien distinguer ces germes vasculaires du reste du mésenchyme

[1] Séance du 9 juillet 1923.

qui, même chez les Mammifères, n'atteint qu'assez tard la partie centrale du segment antérieur de l'œil et reste longtemps cantonné à la périphérie de ce dernier, où il forme sur les coupes un *coin mésenchymateux* bien distinct des vaisseaux. La séparation des germes vasculaires d'avec le mésenchyme est d'autant plus justifiée que dans les jeunes embryons la plupart des vaisseaux se glissent entre le feuillet moyen et l'entoderme sans présenter aucune enveloppe mésodermique, et que le premier réseau vasculaire qui entoure le névraxe se dégage aussi du mésenchyme pour ramper librement à la surface du tube nerveux.

Il est donc légitime de distinguer dans le feuillet moyen au niveau de l'œil : 1° les vitrées, 2° les germes vasculaires, 3° enfin le mésenchyme qui forme une ébauche distincte à cause de son développement tardif dans le pôle antérieur de l'œil. Ceci admis, le développement de l'œil se montre chez tous les Vertébrés beaucoup plus uniforme qu'on ne le croirait d'après certaines descriptions. Partout ses premières ébauches sont liées entre elles d'abord par les vitrées correspondantes, et secondairement par une substance initialement amorphe, ultérieurement structurée, qui est l'origine du corps vitré et de la zonule. Au début (embryon de mouton de 7^{mm}, 5) la vésicule optique vient au contact de l'ectoderme épaissi qui donnera le cristallin, et s'attache fortement à lui, leur accolement répond au pôle interne du futur cristallin et en particulier à un point situé au-dessus du pédicule optique. Cet accolement persiste assez longtemps, pendant qu'au-dessus et au-dessous de lui rétine et cristallin s'écartent, laissant apparaître entre eux la première ébauche du vitré, dont nous discuterons la formation dans une Note ultérieure. L'accroissement de la vésicule optique s'effectue en même temps que se produit l'invagination cristallinienne et suit étroitement cette dernière. Toutefois il s'opère principalement de haut en bas et sur les côtés cranial et caudal de la lentille, de manière à ménager en dessous la fente choroïdienne. Le bord de la cupule optique ainsi formée adhère fortement au cristallin par l'intermédiaire des deux vitrées, lenticulaire et rétinienne, qui se sont accolées, formant une seule ligne épaisse de substance amorphe colorée en bleu foncé par le picro-noir naphtol, et dans l'épaisseur de laquelle se montrent, par places, chez les Mammifères des vaisseaux issus des germes vasculaires sus indiqués (embryons de rat de 5^{mm}, de mouton de 11^{mm}).

L'accolement du cristallin et de la cupule optique ne se fait pas d'une manière symétrique par rapport à l'axe optique. Il est plus étendu du côté temporal que du côté nasal et montre déjà l'asymétrie si marquée du corps ciliaire de certaines espèces. Comme preuve de la liaison parfaite établie

entre ces parties, on peut signaler : 1° les déformations de la cornée (encore purement épithéliale) et de l'épithélium antérieur du cristallin, qui, au lieu d'être bombés en dehors, sont plans, parce qu'étirés entre les bords de la cupule optique dont le diamètre s'accroît plus vite qu'eux ; 2° les formes angulaires du cristallin, en rapport étroit avec la même cause, et enfin 3° le fait de la constance remarquable de la direction de l'axe antéro-postérieur du cristallin. En effet, les deux parois de ce dernier étant d'une épaisseur très inégale et la cavité interposée entre elles étant excentrique, le cristallin ne manquerait pas de rouler sur lui-même — et son axe de prendre des positions variables suivant celles de l'embryon — s'il n'était solidement fixé par son adhérence à la cupule optique. D'ailleurs on ne peut oublier que les vitrées sont le premier et le plus simple représentant de l'appareil de liaison et de charpente chez les animaux inférieurs (Hydraires) et qu'elles constituent chez les animaux supérieurs le lien le plus solide par lequel les épithéliums sont fixés à la surface des formations profondes.

CHIMIE MÉDICALE. — *Démonstration de la présence de sucrase dans la paroi des kystes mucoïdes de l'ovaire.* Note de MM. **P. Lecène** et **H. Bierry**, présentée par M. Widal.

Depuis plus de soixante ans que l'on étudie la structure de la paroi et le contenu des kystes de l'ovaire, aucune interprétation vraiment satisfaisante de la nature des plus communs de ces kystes n'a été donnée par les pathologistes. Ces kystes à contenu filant et visqueux sont souvent appelés mucoïdes (Malassez et de Sinéty) ou kystes à pseudomucine depuis que Hammarsten a montré dans leur contenu la présence d'une substance glycoprotéique particulière (pseudomucine).

Ces kystes ont un revêtement interne constitué par une seule assise de hautes cellules cylindriques, très souvent caliciformes, contenant des boules de mucus, disposées souvent en papilles arborescentes, centrées par un axe conjonctivovasculaire grêle; ces cellules épithéliales *n'ont aucun rapport morphologique avec les cellules épithéliales qui entrent normalement dans la constitution de la glande ovarienne.*

Il paraît donc tout à fait impossible de les rapprocher, soit des cellules de l'épithélium germinatif, soit de celles de la paroi des follicules de de Graaf. Il ne manque pas d'hypothèses sur l'origine possible de ces cellules : une seule paraît présenter quelque vraisemblance : *c'est celle qui rattache ces cellules épithéliales à celles de l'entoderme fœtal.* Soutenue déjà par

plusieurs pathologistes (en particulier par Ribbert) cette interprétation de l'origine des cellules épithéliales du revêtement des kystes mucoïdes de l'ovaire nous a toujours paru la plus probable.

Si l'on accepte cette origine entodermique des cellules épithéliales des kystes mucoïdes de l'ovaire, on se trouve forcément amené à rapprocher ces tumeurs des kystes dermoïdes du même organe. Le kyste dermoïde représenterait le produit de l'évolution des cellules dérivant de l'*ectoderme fœtal*, tandis que le kyste mucoïde serait dû à celles des cellules provenant de l'*entoderme fœtal*. La fréquence, relativement grande (un quart des cas environ) des *kystes mixtes*, dont certaines poches ont une structure dermoïde, tandis que les autres sont nettement mucoïdes, semble appuyer la validité de cette hypothèse.

Mais il est bien évident que si personne ne conteste aujourd'hui l'origine ectodermique des kystes à structure nettement dermoïde, il est bien plus difficile d'établir solidement l'origine entodermique des kystes mucoïdes. En effet les analogies morphologiques sont, dans ce cas, bien moins évidentes et toujours sujettes à discussion.

C'est pourquoi nous avons cherché à aborder ce problème de la signification véritable du revêtement des kystes mucoïdes de l'ovaire par une autre voie ; nous nous sommes demandé, si nous ne pourrions pas déceler, dans la paroi de ces kystes mucoïdes, la *présence de diastases qui ne se rencontrent que dans les cellules de l'intestin*. Parmi celles-ci, il en est une qui paraît vraiment bien caractéristique, c'est la sucrase.

Cette diastase n'existe en effet, ni dans le suc pancréatique, ni dans le foie, ni dans le sang, ni même dans le suc intestinal ; elle se trouve localisée dans les cellules de la muqueuse intestinale, comme l'ont montré Bierry et Frouin. De plus, elle existe dans l'intestin grêle aseptique du fœtus, avant la naissance, comme l'ont établi Bierry et Permilleux, dès 1903.

Nous avons donc recherché la présence de cette sucrase dans les macérations faites avec des fragments de la paroi de deux kystes mucoïdes typiques de l'ovaire, récemment opérés. Les macérations ont été faites en présence d'antiseptiques (toluène et thymol) par les procédés ordinaires. Les macérations étaient placées dans des verres en pyrex. Nous avons utilisé du saccharose très pur et l'acidité ionique des macérations avait été ramenée à $P_H = 6,2$. Des flacons témoins, renfermant des macérations de muqueuse portées au bain-marie à l'ébullition, avec addition de saccharose, et des macérations de muqueuse, non bouillies, abandonnées à elles-mêmes, sans

addition de saccharose, mettaient à l'abri des causes d'erreur, pouvant résulter de l'apport de sucre dans la macération elle-même.

Dans les expériences ainsi faites avec les macérations de ces deux kystes mucoïdes typiques et dont la structure histologique a été vérifiée, nous avons pu déceler *la présence d'une sucrase active qui dédoublait en* 48 *heures de* 60 *à* 80 *pour* 100 *du saccharose ajouté aux macérations, à la concentration de* 2 *à* 4 *pour* 100. Cette sucrase était au moins aussi active que celle des muqueuses intestinales du fœtus.

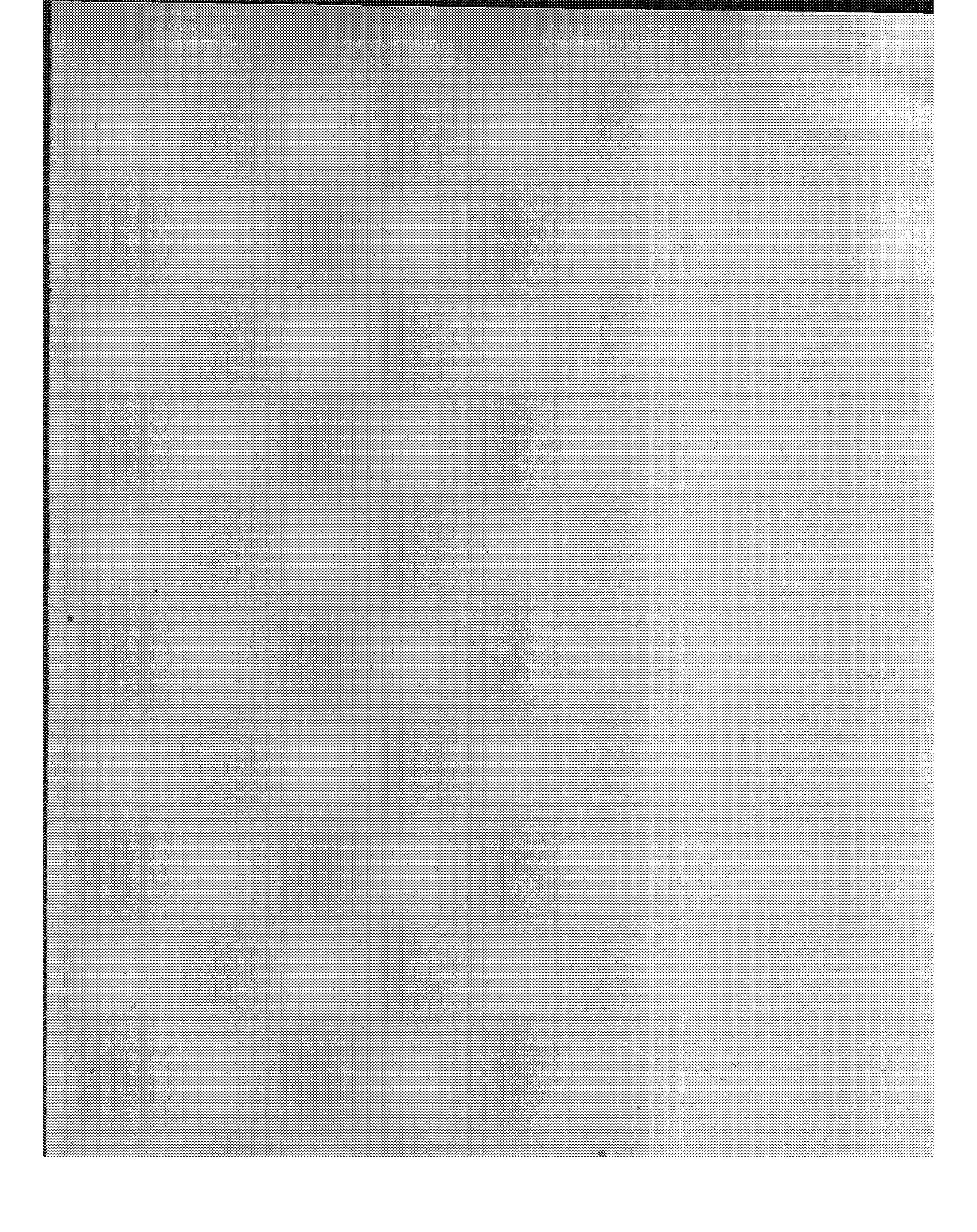
Nous avons pu faire deux expériences de contrôle, avec la paroi de deux autres kystes de l'ovaire, d'une nature tout à fait différente : kystes à contenu clair, séreux, tapissés d'un revêtement épithélial cubique, nullement caliciforme et qui n'a aucun rapport morphologique avec celui des kystes mucoïdes; il est probable que ces kystes à contenu séreux doivent être rattachés à l'épithélium germinatif ou à des dérivés wolffiens. Dans aucune des macérations, préparées suivant la même technique, de ces deux kystes séreux de l'ovaire, *nous n'avons trouvé trace de sucrase.*

Nous nous croyons donc autorisés à conclure que, *dans certains cas, la paroi des kystes mucoïdes de l'ovaire, tapissée par un épithélium cylindrique, haut, riche en cellules caliciformes et qui offre d'autre part d'évidentes analogies morphologiques avec le revêtement de l'intestin fœtal, peut contenir une sucrase active*, diastase caractéristique de la muqueuse intestinale.

Il nous semble que ce fait est remarquable et apporte un très solide appui à l'hypothèse pathogénique (déjà soutenue, mais avec des preuves fragiles) qui voit dans ces formations kystiques une évolution tératologique de l'entoderme fœtal, de même que l'évolution tératologique de l'ectoderme fœtal permet d'interpréter raisonnablement l'origine des kystes dermoïdes de l'ovaire. Ajoutons en terminant qu'il n'est pas sans intérêt non plus de constater que des cellules *tératologiquement disposées en revêtement endokystique* et dépourvues de toute possibilité de fonctionnement physiologique, peuvent contenir cependant la diastase caractéristique (dans le cas particulier la sucrase) de l'organe dont elles semblent bien dériver (muqueuse intestinale).

La séance est levée à $15^h 40^m$.

E. P.



N° 3.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 16 Juillet 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. A. Haller dépose sur le bureau de l'Académie une brochure intitulée : « Fondation Charles Gerhardt » 153

M. le Secrétaire perpétuel présente, de la part de M. l'abbé *Verschaffel*, un catalogue de 1343 étoiles 154

MM. L.C. Jackson et H. Kamerlingh Onnes. — Les propriétés magnétiques de l'éthylsulfate de gadolinium aux basses températures 154

M. J.-B. Senderens et J. Aboulenc. — Préparation catalytique des amino-cyclohexanols 158

MM. Charles Nicolle et E. Conseil. — Acquisitions nouvelles sur la rougeole. (Vaccination préventive. Conditions de la contagion.) 160

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Guerre et des Pensions invite l'Académie à désigner deux de ses membres qui feront partie du Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique pour l'année scolaire 1923-1924. 162

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 163

M. Philip Fox. — Mesures de parallaxes stellaires à l'Observatoire Dearborn 163

M. Holweck. — Lampe démontable de grande puissance pour T. S. F. 164

M. A. Dauvillier. — Une vérification expérimentale de la théorie des spectres de rayons Röntgen dus à une ionisation atomique multiple 167

M. Pierre Auger. — Sur les rayons β secondaires produits dans un gaz par des rayons X 169

M. Escher. — Entraînement du polonium avec l'hydrate de bismuth en solution sodique 172

M. N. Yannakis. — Tensions de vapeur des mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau. 174

M. P. Mondain Monval. — Sur la transformation allotropique à 32° du nitrate d'ammoniaque 175

M. P. Laffitte. — Sur la propagation de l'onde explosive 178

Mlle Chamié. — Ionisation produite par l'hydratation du sulfate de quinine 181

M. Albert Colson. — Sur la portée du déplacement de l'équilibre 184

M. E. Decarrière. — Sur l'oxydation catalytique de l'ammoniac par l'air au contact du palladium pur 186

MM. André Job et André Samuel. — Phénomènes d'oxydation parmi les complexes cyanurés du nickel; valence, coordination, coloration 188

M. Marange. — Identification des beurres de cacao par les courbes de miscibilité.. 191

M. Hashi. — Sur la *p*-chlorodiphénylsulfone 194

M. L. Bert. — Sur le chlorure de cumylmagnésium 195

Mlle N. Wolff. — Sur les furfural- et difurfural-γ-méthylcyclohexanones 197

MM. R. Fosse et A. Hieulle. — Sur la xanthyl-allantoïne 199

M. A. Mailhe. — Préparation de pétrole à partir d'huiles végétales 202

MM. André Helbronner et Gustave Bernstein. — L'action des antioxygènes sur le caoutchouc 204

M. Paul Woog. — Observation directe de l'hydratation des hydrocarbures 207

M. A. Loubière. — Sur un nouveau genre de Pyrénomycètes 209

MM. Émile-F. Terroine, R. Bonnet et P.-H. Joessel. — Influence de la température sur le rendement énergétique dans la germination 212

M. A. Polack. — Forme correcte de l'expérience sur le chromatisme de l'œil par obturation partielle de la pupille 214

MM. R. Faillie et J.-P. Langlois. — Oscillation verticale du centre de gravité du corps pendant la marche en descente sur plan incliné 216

Mme Anna Drzewina et M. Georges Bohn. — Influence de la lumière sur le pouvoir activant du sperme d'Oursin 218

M. Ch. Dejean. — Rôle du feuillet moyen dans l'assemblage des premières ébauches de l'œil 220

MM. P. Lecène et H. Bierry. — Démonstration de la présence de sucrase dans la paroi des kystes mucoïdes de l'ovaire. 222

70755 — 7-23. PARIS — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 4 (23 Juillet 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le lundi 17 décembre 1923.

M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le volume que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie termine l'ouvrage que j'ai consacré à la *Minéralogie de Madagascar* (1).

Il comprend l'étude minéralogique et chimique des *roches volcaniques* et aussi celle des *roches sédimentaires*. Un chapitre important a pour objet l'étude de la *décomposition des roches silicatées alumineuses dans les pays tropicaux*, considérée d'une façon générale, surtout à l'aide de mes observations personnelles à Madagascar, en Guinée et au Soudan. En ce qui concerne Madagascar, je me suis efforcé de montrer que si les véritables latérites, c'est-à-dire les produits de transformation essentiellement formés par des hydrates d'alumine et de fer, n'y manquent pas, il y existe aussi de nombreux produits d'altération argileuse; la *terre rouge*, qui donne une physionomie si spéciale à la Colonie en particulier, est une argile latéritique, contenant généralement des quantités variables, mais parfois faibles, d'hydroxydes.

Après avoir ainsi étudié analytiquement la constitution lithologique de la Grande Ile, je me suis proposé, dans une série de chapitres spéciaux, de

---

(1) *Minéralogie de Madagascar*, t. 3, *Lithologie*, *Appendice*, *Index géographiques*. 1 vol. in-4° de 450 pages, avec figures dans le texte, 8 planches et 1 carte géologique en couleurs hors texte. [Soc. d'édit. géogr. maritimes et coloniales (anc. maison Challamel).]

présenter une vue d'ensemble synthétique sur la composition chimique et minéralogique des différents centres éruptifs qu'il est possible d'y distinguer.

J'ai comparé ensuite cette composition à celle des régions voisines, où l'on peut trouver des analogies intéressantes, notamment en ce qui concerne les formations volcaniques; je veux parler de l'Afrique orientale, des Mascareignes et des îles perdues plus au Sud dans l'océan Indien, à la limite de l'océan Antarctique. De nombreuses analyses nouvelles viennent éclaircir la constitution chimique de ces régions.

L'impression des trois volumes de mon livre ayant duré deux années, j'ai fait pendant celles-ci des observations qui n'ont pu être consignées dans les deux volumes précédents. Elles font l'objet d'un *Appendice* consacré surtout aux minéraux proprement dits.

Enfin un *Index géographique*, comprenant plusieurs milliers de noms malgaches cités, donne des précisions sur la situation de chacun de ceux-ci. Il constitue une sorte de dictionnaire géographique de Madagascar qui n'a pas d'équivalent et qui pourra servir même à ceux ne se préoccupant pas de recherches minéralogiques.

En terminant cet ouvrage, auquel j'ai travaillé sans relâche depuis plus de vingt ans, j'ai la satisfaction d'avoir pu, presque avec mes seules observations, donner, avec beaucoup de détails, une première approximation de la Minéralogie et de la Lithologie d'un grand pays qui se trouve être l'un des plus remarquables que l'on puisse concevoir. J'espère que ce long labeur engagera les travailleurs à en compléter les résultats.

ASTRONOMIE. — *Sur les Observatoires de montagne.*
Note de M. **H. Deslandres.**

I. Les observatoires de montagne sont nécessaires, surtout pour la branche nouvelle de l'Astronomie, actuellement la plus féconde, qui est l'Astronomie physique; ils sont aussi nécessaires pour d'importantes recherches de physique et de physiologie; mais dans ce qui va suivre j'examinerai leur utilité seulement pour la science astronomique qui progresse surtout par l'observation des astres, continue et améliorée le plus possible. Or, pour mieux observer les astres, il faut diminuer l'épaisseur de l'atmosphère, qui est l'obstacle interposé entre eux et nous; l'atmosphère absorbe les rayons stellaires et par les mouvements très variés qui l'animent, elle trouble les images de nos lunettes.

Quand on s'élève, on échappe à la vase atmosphérique, et, pour une large part, aux particules qui apportent la gêne la plus grande et sont formées dans l'air par la vapeur d'eau. Le bénéfice est grand surtout pour les radiations les plus réfrangibles du spectre, pour celles que la photographie révèle; dans un air pur, comme on sait, la perte subie par la radiation stellaire est proportionnelle à la quatrième puissance de sa fréquence. Finalement, dans les trente dernières années, les plus belles découvertes ont été faites dans des observatoires de montagne, de création relativement récente.

La grande majorité des observatoires actuels est à basse altitude; ils ont été construits pour la branche ancienne de l'Astronomie, dite branche de position, qui, au début, a limité son effort au système solaire et aux étoiles les plus brillantes. Le plus souvent aussi, ils ont été rattachés à une université ou à une académie, et établis dans son voisinage immédiat.

Les Américains ont rompu les premiers avec ces habitudes; ils ont distingué clairement les observatoires qui servent à l'enseignement, et sont rapprochés des centres universitaires, et les observatoires de recherches organisés seulement pour assurer l'étude du ciel la meilleure possible. A cette dernière catégorie appartiennent quatre observatoires de montagne, récemment construits en Amérique et justement célèbres, à savoir :

Nom de l'Observatoire.	Altitude.	Latitude.
Lick ou du Mont Hamilton	1283^m	37°.20′ Nord
Arequipa	2452	16.22 Sud
Flagstaff	2210	35.12 Nord
Mont Wilson	1742	34.12 Nord

Ces observatoires, étant à une latitude basse, n'ont pas en hiver un froid rigoureux, et sont occupés aisément pendant toute l'année; ils sont établis dans les régions du globe les plus remarquables par le calme, la pureté et la sécheresse de l'air. Les quatre ont de grands instruments, qui, même, sont les plus grands de ce monde; et un roulement spécial entre les astronomes permet de les utiliser pendant toute la nuit; les conditions sont telles que le rendement est le maximum possible. Enfin l'Observatoire du Mont Wilson est doublé d'un grand laboratoire de physique, placé dans la ville voisine, à l'altitude de 300^m. Les astronomes viennent, à intervalles réguliers, s'y reposer et préparer les recherches futures.

Ces organisations nouvelles ont donné des résultats remarquables, et il convient de les avoir en vue, au moment où il est fortement question de refondre nos établissements d'Astronomie.

En ce qui concerne les observatoires de montagne, les États-Unis tiennent actuellement la tête; les autres pays et la France, en particulier, sont dans une situation nettement inférieure. Le tableau suivant donne la liste des observatoires qui, en dehors des États-Unis et du Mexique, ont une altitude supérieure à 1000m.

Nom de l'Observatoire.	Altitude.	Latitude.
Empire Britannique.		
Kodaïkanal (Indes)	2347m	10°13′ Nord
Johannesburg	1806m	26°10′ Sud
Allemagne.		
Königstuhl	570m	49°23′ Nord
France et Algérie.		
Sétif (Algérie)	1113m	36°1′ Nord
Mont Blanc	4372m	45°50′
Pic du Midi	2850m	42°56′ Nord
Italie.		
Mont Etna	2950m	37°30′ Nord

Les trois premiers observatoires, occupés toute l'année, ont obtenu des résultats importants, les deux premiers d'ailleurs n'ayant que des instruments petits ou moyens. Le troisième, celui de Königstuhl, dépend de l'Université d'Heidelberg, et est pourvu d'instruments puissants; il est le plus élevé de l'Allemagne, mais sa hauteur est bien au-dessous de 1000m. Il a été ajouté sur la liste, parce que son fondateur a insisté sur les avantages réalisés en élevant de 350m jusqu'à la hauteur de Konigstuhl son observatoire établi d'abord à Heidelberg (altitude 200m). Combien le bénéfice eût été plus grand, si la hauteur totale avait pu être doublée.

L'Observatoire algérien de Sétif étant mis à part, les trois derniers (mont Blanc, Pic du Midi et Etna) forment un groupe naturel caractérisé par les mêmes qualités et les mêmes défauts. Ils ont l'avantage d'une grande hauteur, mais leur accès est difficile; leurs instruments, qui sont seulement moyens, sont insuffisants, et, à cause de leur latitude élevée et de leur grande hauteur, ils ne peuvent être utilisés pendant l'année entière. J'ai été ainsi conduit à étudier de près la question, en particulier dans l'inspection générale des observatoires français dont j'ai été chargé en 1922, et la Note actuelle a pour but de mettre en relief les points suivants:

1° Notre pays offre des stations de montagne, qui n'ont pas les inconvément signalés ci-dessus, et qui sont comparables aux stations étrangères.

2° Il convient, tout en conservant et améliorant nos observatoires actuels de grande altitude (mont Blanc et Pic du Midi), d'organiser à une altitude moindre d'autres observatoires, qui offrent à la fois de grandes qualités pour l'observation du ciel et de multiples commodités pour la vie courante, qui soient pourvus de grands instruments et d'un personnel permanent, qui soient organisés pour un rendement élevé pendant l'année entière.

II. L'Observatoire actuel du mont Blanc, construit par M. Vallot sur le rocher des Bosses (à 4372^m) a été porté sur le tableau parce qu'il dispose d'un instrument astronomique de dimensions moyennes (réfracteur de 30^{cm} d'ouverture allié à un sidérostat). L'ascension et aussi le séjour au sommet sont pénibles, et sont possibles dans de bonnes conditions seulement pendant deux ou trois mois de l'année.

Les difficultés sont bien moindres au Pic du Midi, qui est plus bas de 1500^m (altitude 2860^m); mais si, comme on le fait d'ordinaire pour aller au Pic, on part de Bagnères-de-Bigorre, le trajet est long : il exige 6 heures et demie, dont 1 heure et demie en tramway, et 5 heures à pied ou à mulet; pendant huit mois de l'année, le chemin est bloqué par les neiges. L'ascension et le séjour au Pic ne sont faciles que pendant quatre mois de la belle saison. L'Observatoire est surtout météorologique; deux aides météorologistes et deux auxiliaires y sont maintenus toute l'année.

Par contre les observations astronomiques, plus longues et plus délicates, sont presque impossibles en hiver; la neige est trop épaisse et le froid trop rigoureux. J'ai compté en moyenne par an 28 jours où la température minima a été au-dessous de $-15°$ C. Aussi n'a-t-on attaché à l'observatoire aucun astronome en permanence; l'instrument astronomique (réflecteur de $0^m,50$ et réfracteur de $0^m,25$ accolés) est utilisé seulement pendant l'été par des volontaires, qui, le plus souvent, sont en petit nombre; en 1922, on n'a fait au Pic aucune observation astronomique.

D'ailleurs les deux stations du mont Blanc et du Pic du Midi se trouvent dans la partie du territoire dite atlantique, qui reçoit les vents humides de l'Ouest, et offre un ciel souvent couvert avec des pluies fréquentes. Dans l'autre partie du territoire, dite méditerranéenne, et beaucoup moins étendue, le climat est à peu près celui de la Provence; l'air est plus sec, plus pur et le nombre des belles journées notablement plus grand. Sur les 13 observatoires d'État (celui du mont Blanc compris) que nous avons en

France, 10 sont dans la zone atlantique, et trois seulement, celui de Nice et Marseille, auxquels on joint celui d'Alger, sont situés dans la zone méditerranéenne, et favorisés d'un beau ciel. Cet avantage naturel peut suffire à expliquer le rendement supérieur des observatoires de Nice et d'Alger.

III. La discussion précédente fait bien ressortir les points faibles de nos établissements actuels et les conditions à remplir par l'observatoire de montagne nouveau qui est à créer. Il faut d'abord diminuer l'altitude; mais, quelle est la hauteur maxima à laquelle on peut, sous nos latitudes, observer le ciel pendant toute l'année et avoir en même temps une vie acceptable? Les stations nombreuses, organisées récemment en montagne pour les sports d'hiver, apportent une indication précieuse. Nous avons en France par exemple, dans les Alpes, les stations du Revard (près d'Aix-les-Bains), de Peïra Cava (près de Nice), à 1500^m d'altitude, et dans les Pyrénées, celles de Superbagnères et de Font-Romeu, à 1800^m. Les quatre ont de grands hôtels ouverts pendant l'hiver et l'été, et sont desservies par de bonnes routes et même par des voies ferrées.

A priori, il semble donc que l'on puisse aller jusqu'à 1800^m; et il convient d'étudier d'abord la valeur astronomique de ces stations sportives, qui ont déjà leurs voies d'accès parfaitement organisées. J'ai visité avec soin deux d'entre elles, le Revard et Font-Romeu.

Le Revard a été recommandé déjà avant la guerre par M. Jarry-Desloges, astronome amateur, qui y a fait de très bonnes observations; il offre de bons emplacements pour un grand observatoire, avec, il est vrai, la restriction qu'il est dans la zone atlantique du territoire et voisin du lac du Bourget.

La station de Font-Romeu en Cerdagne a des avantages particuliers; elle est méditerranéenne et dans la partie de la France qui a la latitude la plus basse (environ $42°30'$); même elle est située au sud de la crête des Pyrénées. J'ai eu sur le climat de la région des renseignements précis, aimablement fournis par M. Mengel, directeur de l'Observatoire météorologique de Perpignan, et par M. Cave, instituteur à Montlouis (altitude 1600^m, à 6^{km} de Font-Romeu), météorologiste volontaire et très bon observateur.

A Montlouis, de 1894 à 1922, on a compté en tout 19 jours pour lesquels la température minima a été au-dessous de $-15°$; à Font-Romeu, plus élevé de 200^m, d'après la règle connue, la température est plus basse de $-1°,2$. Dans le même intervalle de 29 ans, la nébulosité, déterminée trois fois par jour, a donné en moyenne et par an les nombres suivants, rapprochés de ceux obtenus à Alger :

	Nombre de ciels.		
	Beaux, nébulosités 0, 1 et 2.	Nuageux, nébulosités 4, 5, 6 et 7.	Couverts, nébulosités 8, 9, et 10.
Alger....................	431	441	223
Montlouis...............	430	244	421

Les journées ou portions de journée, dites belles, sont en nombre égal dans les deux stations, et, à cause de l'altitude plus grande, elles sont certainement plus belles à Montlouis.

De plus, fait important, la température moyenne en hiver à Montlouis et Font-Romeu est moins basse qu'à l'Observatoire russe de Poulkovo, situé dans le voisinage de Petrograd. Or, à Poulkovo, on observe pendant toute l'année, et les publications de l'observatoire signalent des mesures astronomiques faites à —23°. Partant de ces données, j'ai admis la température de — 15° comme limite inférieure dans notre pays, pour les observations astronomiques en montagne; pratiquement la limite varie avec les personnes et aussi avec la force du vent.

Les observations astronomiques sont donc possibles en hiver à l'altitude de 1800^{m}; il faut seulement avoir dans la station des hommes vigoureux, bien entraînés au froid, et vêtus comme les gens du Nord. On peut aussi imiter les aviateurs qui luttent aisément contre le froid avec des vêtements souples échauffés à l'intérieur par un courant électrique que l'on règle à volonté. Tout progrès dans cette voie a une réelle importance; sous nos latitudes, les nuits d'hiver sont les plus belles, et, en montagne où la précipitation de la vapeur d'eau est plus forte, elles peuvent dépasser les nuits justement vantées de la Californie, au moins en ce qui concerne l'éclat des astres. L'intensité de l'image stellaire, il est vrai, n'est pas le seul élément de la question; il faut aussi considérer sa netteté, et le calme de l'air, variables suivant les régions. Ce second élément devra être déterminé par une mission temporaire envoyée sur les lieux avec des instruments transportables.

Dans un premier examen, la région de Montlouis et Font-Romeu, offre, à une altitude de 1800^{m} environ, plusieurs bons emplacements d'observatoire. De là on domine de 200^{m} la haute vallée de la Cerdagne, vallée large et riche, qui offre des villages bien approvisionnés. La vie y serait donc facile, d'autant que l'on dispose de deux voies ferrées, de la ligne entre Perpignan, Montlouis et Bourg-Madame qui s'élève à plus de 1600^{m}, et de la ligne à trains rapides qui sera prochainement ouverte entre Toulouse et Barcelone.

Enfin l'observatoire serait doublé d'un laboratoire de physique et d'une station de repos établis à Montlouis, ou mieux à Vernet-les-Bains, qui est à l'altitude de 500^m et à deux heures de Montlouis par chemin de fer.

Avec tous ces avantages, j'estime que l'on trouvera aisément des astronomes qui accepteront la vie en montagne pendant l'année entière; d'ailleurs le personnel permanent serait peu nombreux, et il aurait un supplément de traitement, par exemple le quart colonial. Quant aux instruments à placer dans ces observatoires élevés, ils sont relativement simples et même peu coûteux; on peut recommander : *a*) un grand réflecteur du type Cassegrain, de 1^m à $1^m,50$ d'ouverture, qui est court et suffit pour un grand nombre de recherches; *b*) une grande table équatoriale, capable de porter des appareils lourds et volumineux; *c*) un instrument à miroirs (sidérostat, cœlostat, instrument coudé) qui permet à l'astronome d'observer dans une chambre fermée.

J'ai examiné avec détails dans cette Note la région de Montlouis pour fixer les idées et bien montrer les améliorations possibles; mais d'autres stations peuvent être meilleures, en particulier dans la zone méditerranéenne des Alpes. Il faut prier tous les astronomes de France d'apporter leur concours et de rechercher les bons emplacements de montagne.

Si l'altitude de 1800^m est trouvée trop grande, on peut la diminuer sans toutefois descendre au-dessous de 1000^m et les emplacements possibles seront plus nombreux [1]. Le mieux serait d'avoir les deux observatoires, celui de 1000^m et celui de 1800; en ajoutant les observatoires actuels de 2800^m et de 4400, notre pays disposerait de stations échelonnées, capables d'assurer toutes les recherches, et il ferait de nouveau figure sur le terrain astronomique.

ASTRONOMIE. — *Sur l'emploi du pendule entièrement libre comme garde-temps.* Note de M. G. Bigourdan.

On a proposé depuis longtemps l'emploi d'un pendule entièrement libre comme garde-temps, et j'ai déjà fait aussi quelques essais en ce sens [2]; mais il ne semble pas qu'on ait réalisé encore un instrument de ce type qui soit tout à fait pratique. On sait aujourd'hui le soustraire aux variations de

---

[1] On peut signaler aux environs de Marseille la hauteur de la Sainte-Baume.

[2] G. Bigourdan, *Sur un moyen de reconnaître les plus petites variations de marche des horloges astronomiques* (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 979).

température et de pression ; mais on rencontre déjà quelque difficulté pour le relancer périodiquement (car il ne doit pas, au moins dans la partie mobile, renfermer d'organe magnétique, en raison des variations du champ magnétique terrestre), pour lui faire marquer l'heure sur un cadran à secondes placé à distance, etc. Je me propose d'indiquer ici un dispositif qui lèverait une partie de ces dernières difficultés.

L'instrument est un pendule P, de longueur l assez grande (correspondant à 2^s et peut-être 3^s de durée d'oscillation simple), de grande masse (100^k par exemple), en métal non magnétique, suspendu à la manière ordinaire par une double lame, placé en un lieu de température constante et enfermé dans une cloche solidement fixée, étanche et à pression réglable.

A la partie inférieure de ce pendule P est fixée invariablement une bobine électrique creuse, oscillant ainsi avec P. Cette bobine, dans laquelle on peut à volonté faire circuler un courant électrique a, est un cylindre circulaire droit et a son axe couché dans le plan d'oscillation. Au bas de la cloche est invariablement attaché un solénoïde fixe, agissant comme un aimant — légèrement courbé en arc de cercle de rayon l — placé de manière à coïncider avec l'axe de la bobine, et dans lequel on peut faire circuler, à volonté aussi, un courant b.

Supposons que le pendule P soit en oscillation et que les courants a et b soient établis de manière à produire une attraction en accord avec le mouvement du pendule quand celui-ci arrive à l'extrémité de sa course ; on donnera ainsi au pendule P, à chaque oscillation, une impulsion et on lui restituera à volonté l'amplitude qu'il aurait perdue peu à peu.

Pour commander ainsi les courants a et b aux moments convenables, on pourra les faire établir par une horloge auxiliaire H, au besoin placée à distance, que nous supposerons à peu près synchrone avec P et qui en même temps comptera, si l'on veut, les oscillations de P.

L'amplitude d'oscillation de P diminuera graduellement, et on devra connaître les époques approximatives e_1, e_2, où cette amplitude passe par des valeurs α_1, α_2 ($\alpha_1 > \alpha_2$) également connues, afin de pouvoir effectuer la réduction à l'amplitude infiniment petite ; ces quantités pourront être connues à distance par l'observation au moyen du dispositif que j'ai figuré à la page 9 de mon *Rapport annuel*... de 1921. Un dispositif analogue permettra d'avoir un battement électrique à distance à chaque oscillation, et de comparer ainsi les oscillations du pendule P à celles d'un garde-temps G, dont on voudrait contrôler la marche.

Cela posé, on utilise ainsi le pendule P pour contrôler G :

On lance le pendule P à une amplitude supérieure à α_1; en s'amortissant il atteint ensuite cette amplitude α_1 à l'époque e_1 et on le compare à G. Cette comparaison est d'ailleurs renouvelée ensuite périodiquement. A l'époque e_2 il passe par l'amplitude α_2 et on compare une dernière fois P à G. Alors on fait agir les courants a et b comme il a été indiqué, jusqu'à ce qu'ils aient redonné au pendule P une amplitude légèrement supérieure à α_1. Puis quand P a repris l'amplitude α_1 on recommence comme précédemment, et on contrôle ainsi G pendant un nouvel intervalle $e'_2 - e'_1$.

On voit que pendant ces intervalles $e_2 - e_1$, $e'_2 - e'_1$,... le pendule P est entièrement libre, et d'ailleurs soustrait à toute influence tenant aux variations du champ magnétique terrestre.

Avec les valeurs considérées de l et de masse, l'intervalle $e_2 - e_1$ atteindrait et même dépasserait facilement 4 jours, tout en restant dans les faibles amplitudes; par suite l'emploi du pendule serait tout à fait pratique. Comme dans les intervalles entre e_2 et e'_1,... ce pendule P ne contrôlerait plus, on pourrait avoir recours à un second pendule analogue P' que l'on relancerait à des moments différents de ceux de P.

PHYSIQUE ET NAVIGATION. — *Les formes de carènes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses sont réalisées seulement sur les canots de course automobiles.* Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. J'ai montré, dans une publication, dont j'ai fait récemment hommage à l'Académie, que, parmi les carènes des navires de mer, sans portion cylindrique, ayant, suivant l'usage, leur maître couple au milieu de la longueur de leur plan de flottaison et une étrave droite perpendiculaire à ce plan, celles, dont le demi-angle d'attaque *moyen* i de cette étrave est réduit à sa valeur *optimum* $i_m = 5^\circ 18' 20''$, revêtent les formes les *plus favorables que possible* à leurs grandes vitesses.

Ces formes entretiennent, en effet, une houle satellite dont le profil a pour caractéristiques :

Sa longueur d'onde, $\lambda_m = \frac{L}{1 + \frac{iv^2}{\rho^2}}$; la *distance à l'étrave*, $\Delta_m = \frac{L}{1 + \frac{iv^2}{\rho^2}}$, du *milieu* de son *premier creux ondulatoire* au-dessous de la flottaison; enfin la *distance à l'étrave*, $\delta_m = -\frac{1}{4}\left(\frac{L}{1 + \frac{iv^2}{\rho^2}}\right)$, de l'origine, sur la flottaison, de *son premier sommet*.

De plus, cette houle satellite jouit de la propriété de donner au plan de flottaison de ces carènes une inclinaison sur l'horizon, θ_m, ayant pour expression

$$\sin\theta_m = \sin i_m \sqrt{1 - \frac{w^2}{v^2}}$$

et commençant donc, seulement, à la vitesse w, pour augmenter ensuite en tendant vers la limite asymptotique,

$$(\sin\theta_m)_\infty = \sin i_m, \qquad \text{ou} \qquad (\theta_m)_\infty = i_m = 5^\circ\, 18'\, 20'',$$

à mesure que v croît, de w vers ∞ ; le profil de cette houle satellite tendant, en même temps, vers sa limite asymptotique définie par ses caractéristiques

$$(\lambda_m)_\infty = L, \qquad (\Delta_m)_\infty = L, \qquad (\delta_m)_\infty = -\frac{1}{4} L.$$

Or, en traçant schématiquement ce projet limite, au moyen de ces trois caractéristiques, on reconnaît qu'il amènerait, en effet, le milieu de son premier creux ondulatoire directement au-dessous de l'extrémité de la flottaison de la poupe en lui permettant, ainsi, d'y subir le plus grand abaissement possible, pendant que la flottaison de la proue étant soulevée, de son côté, y fait reculer l'origine du premier sommet jusqu'à la distance $(\delta_m) = -\frac{1}{4} L$, en arrière de l'étrave et, ce sommet lui-même jusqu'au contour du maître couple, où il se trouve donc en position de déniveler, le plus possible, la carène, en hauteur, de manière à diminuer sa profondeur d'immersion *moyenne* et, en conséquence, l'*accroissement relatif correspondant de la résistance de l'eau à sa translation*.

2. Mais les carènes qui produisent ces mêmes résultats, dans des mesures plus favorables encore à leurs vitesses, quelles qu'elles soient, sont celles des *canots automobiles de course*, *extra-rapides*, grâce aux dispositions suivantes dues à l'initiative éclairée d'un lieutenant de vaisseau, M. Quernel, qui en a proposé, le premier, l'essai, à son entrée dans les chantiers de construction de M. Despujols.

Leur longueur L' et leur tonnage ont été réduits le plus possible, c'est-à-dire à 10 mètres et à 8 tonnes, environ. Leur maître couple, de largeur à peu près égale à $l' = \frac{1}{4} L'$, a été reculé jusqu'à la distance $d' = \left(\frac{2}{3}\right) L'$ de l'étrave. Leur poupe a été prolongée au delà du maître couple, sur une largeur un peu moindre, seulement, que l', sur la flottaison et, plus petite,

au-dessous, mais limitée, sur tous ses niveaux, à un plan vertical commun. De plus : le fond de ces canots s'étend horizontalement, depuis l'extrémité inférieure de l'étrave dont les lignes d'eau attaquent la masse liquide à leurs extrémités sur sa hauteur, sous l'*incidence latérale moyenne*, $i = i_m = 5^\circ 18' 20''$, *optimum*, jusqu'à l'extrémité inférieure de la poupe, en s'élargissant graduellement vers elle, en arrière du maître couple. Enfin, l'arbre de l'hélice s'allonge vers le centre de gravité du canot, suivant une pente ascendante sensiblement égale à l'inclinaison θ'_m, que doit prendre sur l'horizon son plan de flottaison, à la vitesse *maximum* qui lui est assignée.

3. J'ai reconnu, d'après les données dont j'ai eu connaissance, que les vitesses exceptionnellement grandes que les canots automobiles ont atteintes dans leurs épreuves, doivent être attribuées au fait qu'ils entretiennent, dans la masse liquide où ils se transportent, une houle satellite ne comprenant qu'une seule vague de translation divergente, celle de l'étrave, et dont le profil ayant pour caractéristiques,

$$\lambda'_m = \frac{5}{6}\left(\frac{L'}{1 + \frac{2gL'}{v^2}}\right), \qquad \Delta'_m = \left(\frac{L'}{1 + \frac{2gL'}{v^2}}\right), \qquad \delta' = \frac{5}{12}\left(\frac{L'}{1 + \frac{2gL'}{v^2}}\right),$$

donne à leur plan de flottaison une inclinaison, θ'_m, sur l'horizon d'autant plus favorable à leurs vitesses que sa valeur, calculée par la formule que j'ai été conduit à lui attribuer,

$$\sin\theta'_m = \sin i_m \cdot \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{2gL'}{v^2}}},$$

est plus grande.

Or les valeurs de θ'_m satisfaisant à cette formule sont toutes plus grandes, à vitesses égales, que les valeurs correspondantes de θ_m déduites de la relation

$$\sin\theta_m = \sin i_m \sqrt{1 - \frac{w^2}{v^2}},$$

relative aux carènes des navires de mer de formes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses dépassant w.

On peut s'en convaincre par l'analyse comparative suivante.

D'abord, l'inclinaison θ'_m commence, dès le début du mouvement, puisque $\theta'_m = 0$, pour $v = 0$; tandis que l'inclinaison θ_m commence seulement à la vitesse w qui est l'origine des grandes vitesses des carènes de formes usuelles. De plus, l'inclinaison θ'_m atteint, à la vitesse $v' = \sqrt{2gL}$

de 14^m à la seconde, sa valeur, i_m, que θ_m tend seulement à atteindre à la vitesse $v = \infty$.

Enfin, $\sin\theta'_m$ tend vers la limite asymptotique $(\sin\theta'_m)_\infty = (\sqrt{2}) \sin i_m$ ou $(\theta'_m)_\infty = 7°31'$, à mesure que v croît vers ∞, tandis que θ_m tend seulement vers la limite asymptotique $\theta_m = 5°18'20''$.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont réélus membres du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1923-1924.

NOMINATIONS.

M. **P. Termier** est désigné pour faire une lecture à la Séance publique annuelle des cinq Académies.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes linéaires à invariant bilinéaire ou quadratique dans le champ réel et complexe.* Note de M. de Séguier, présentée par M. Appell.

L'étude de la structure des groupes linéaires galoisiens à invariant bilinéaire ou quadratique étant achevée depuis quelques années, je me suis proposé d'utiliser les résultats ainsi acquis pour déterminer les générateurs et la structure des mêmes groupes dans le champ $\mathfrak{N}_1$ des nombres réels et dans celui $\mathfrak{N}'_1$ des nombres complexes.

La principale difficulté provenant des types nouveaux de formes non équivalentes qui se présentent dans ces différents champs, il suffit de considérer les groupes hermitiens dans $\mathfrak{N}'_1$ et les groupes quadratiques dans $\mathfrak{N}_1$.

La méthode suivie consiste dans l'emploi du champ $\mathfrak{K}$ des nombres rationnels comme intermédiaire et de la théorie des résidus quadratiques et biquadratiques.

J'appellerai ici *continus* les groupes de Lie dont chaque substitution peut se réduire à 1 par variation continue des paramètres sans sortir du groupe, et les autres *semi-continus*. Je me servirai d'ailleurs des mêmes notations que dans mon Mémoire : *Sur les groupes à invariant bilinéaire ou quadratique dans un champ de Galois* (*J. M.*, 1916), auquel je renverrai par la lettre *M.*

Voici les principaux résultats que j'ai obtenus :

1. Soient H le groupe des substitutions linéaires de $\mathfrak{K}_1$ qui conservent la forme $a = \varphi + \psi$ en posant

$$\varphi = Zi\Sigma_1^\nu (x_j \dot{y}_j - y_j \dot{x}_j), \qquad \psi = \Sigma_1^{n-2\nu} \psi_k, \qquad \psi_k = z_k \dot{z}_k,$$

et en désignant généralement par $\dot{u}$ la conjuguée de u; H^0 le groupe des substitutions unimodulaires de H; J le groupe des similitudes de H; J^0 celui des similitudes de H^0; H_k le groupe de $\varphi + \psi_k$; H_{kl} le groupe de $\varphi_k + \psi_l$; H_k^0, H_{kl}^0 les diviseurs unimodulaires respectifs de H_k, H_{kl}. Les H_k ne se présentent que si $0 < \nu < \frac{n}{2}$, et les H_{kl} que si $n - 2\nu \geqq 2$.

Pour $n - 2\nu < 2$, les générateurs de H^0 sont les u, φ, V (*M.*, 6, 8). Les générateurs de H_{kl}^0 sont les $\zeta_{kl}^{\alpha\beta} = \begin{vmatrix} z_k & \alpha z_k + \beta z_l \\ z_l & -\dot{\beta} z_k + \dot{\alpha} z_l \end{vmatrix}$ $(\alpha\dot{\alpha} + \beta\dot{\beta} = 1)$. Pour $n \geqq 2$, H^0 dérive des H_k^0 et des H_{kl}^0.

H et H^0 sont continus, et $H^0 \mid J^0$ est simple.

2. Soient Q le groupe des substitutions linéaires de $\mathfrak{K}_1$ qui conservent la forme $a = \varphi + \psi$ en posant

$$\varphi = \Sigma_1^\nu x_j y_j, \qquad \psi = \Sigma_1^{n-2\nu} z_k^2;$$

Q_k le groupe de $\varphi + \psi_k$, en posant $\psi_k = z_{2k-1}^2 + z_{2k}^2$ $(2k \leqq n - 2\nu)$ et, si n est impair, $z_{n-2\nu}^2 = \psi_0$; Q_{kl} le groupe de $\psi_k + \psi_l$ $(k \neq l)$; Q^0, Q_k^0, Q_{kl}^0 les diviseurs unimodulaires respectifs de Q, Q_k, Q_{kl}; R_k le groupe *réduit* de $\varphi + \psi_k$, c'est-à-dire le groupe dérivé des substitutions V, U, W de Q_k (*M.*, 28, 39); d la similitude d'ordre 2, et $D = \{d\}$; d_j la substitution qui remplace x_l par $-x_j$ et y_j par $-y_j$. Les Q_k ne se présentent que si $0 < \nu < \frac{n}{2}$, et les Q_{kj} que si $n - 2\nu \leqq 3$.

Pour $n = 3$ *et* $\nu = 0$, Q^0 est isomorphe au groupe $H^0 \mid J^0$ relatif à $\Sigma_1^2 z_k \dot{z}_k$,

la substitution de Q^0 qui répond à $\zeta_{12}^{\alpha\beta}$ étant

$$\left|\begin{array}{ll} x_1 & \alpha^2 x_1 - \beta^2 y_1 + 2\alpha\beta x \\ y_1 & -\dot{\beta}^2 x_1 + \dot{\alpha}^2 y_1 + 2\dot{\alpha}\dot{\beta} x \\ x & -\alpha\dot{\beta} x_1 - \beta\dot{\alpha} y_1 + (\alpha\dot{\alpha} - \beta\dot{\beta}) x \end{array}\right|$$
$$(z_1 = x_1 + i y_1,\ z_2 = x_1 - i y_1,\ z_3 = x).$$

Pour $n = 4$ *et* $\nu = 0$, $Q^0 | D$ est produit direct de deux groupes isomorphes au même groupe $H^0 | J^0$, la substitution générale de Q^0 étant le produit des deux substitutions permutables

$$r = \left|\begin{array}{lllll} x_1 & \alpha x_1 & & & +\beta y_2 \\ y_2 & & \dot{\alpha} y_1 + \dot{\beta} x_2 & & \\ x_1 & & -\beta y_1 + \alpha x_2 & & \\ y_2 & -\dot{\beta} x_1 & & & +\dot{\alpha} y_2 \end{array}\right| \qquad s = \left|\begin{array}{lllll} x_1 & \alpha_1 x_1 & & +\beta' x_2 & \\ y_1 & & \dot{\alpha}' y_1 & & +\beta' y_2 \\ x_2 & -\dot{\beta}' x_1 & & +\alpha' x_2 & \\ y_2 & & -\beta' y_1 & & +\alpha' y_2 \end{array}\right|$$
$$(z_1 = x_1 + i y_1,\ z_2 = x_1 - i y_1,\ z_3 = x_2 + i y_2,\quad z_4 = x_2 - i y_2,$$
$$\alpha\dot{\alpha} + \beta\dot{\beta} = 1,\ \alpha'\dot{\alpha}' + \beta'\dot{\beta}' = 1).$$

Soit $n \geqq 3$ *et* $\nu \geqq 0$. Pour $\nu < \frac{n}{2}$ Q^0 dérive des Q_k^0 et des Q_{kl}^0. Désignons par R, pour $\nu < \frac{n}{2}$ le p. p. c. m. des R_k et des Q_{kl}^0, et, pour $\nu = \frac{n}{2}$ le p. p. c. m. des V, U, W. R est continu. Si $\nu = 0$, $Q^0 = R$. Si $\nu > 0$, $Q^0 = R + d_1 R$, et alors Q^0 est semi-continu. R contient D toujours et seulement si n et ν sont pairs. Pour $n \geqq 5$, $RD | D$ est simple.

3. Dans les cas $n = 3$, $\nu = 1$; $n = 5$, $\nu = 2$; $n = 6$, $\nu = 2$, 3, il existe entre R et d'autres groupes à un moindre nombre de variables des homomorphismes tout semblables à ceux qui se présentent dans le champ galoisien (*M.*, 40, 43-46). Pour $n = 6$ et $\nu = 0$, $R | D$ est isomorphe au groupe $H^0 | J^0$ relatif à $\Sigma_1^4 z_k \dot{z}_k$.

En négligeant dans ce qui précède les groupes facteurs d'ordre fini, on retrouve des théorèmes dus à M. Cartan (*A. E. N.*, 1914, p. 286, 353-355). La méthode suivie conduit aussi en particulier très simplement aux groupes finis quaternaires obtenus par M. Goursat (*A. E. N.*, 1889) et M. Bagnera (*R. C. M. P.*, 1901) et aux propositions établies par M. Giraud dans le premier Chapitre de sa Thèse (*A. E. N.*, 1915).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application du calcul tensoriel.* Note de M. S. SANIELEVICI.

1. L'équation de Laplace en coordonnées quelconques s'écrit comme l'on sait

$$g^{\mu\nu}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - g^{\mu\nu}\left\{ {\mu\nu \atop \alpha} \right\}\frac{\partial u}{\partial x_\alpha} = 0 \qquad (\mu,\ \nu,\ \alpha,\ \text{indices } \textit{muets}),$$

le carré de l'élément linéaire étant

$$ds^2 = g_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu.$$

Le coefficient de $\frac{\partial u}{\partial x_\alpha}$ peut être mis sous une forme plus commode; on a en effet

$$-g^{\mu\nu}\left\{ {\mu\nu \atop \alpha} \right\} = g^{\alpha\beta}\frac{\partial}{\partial x_\beta}\log(g^{\alpha\beta}\sqrt{g}) \qquad (\beta,\ \text{indice } \textit{muet})$$

g étant le déterminant des $g_{\mu\nu}$.

On déduit de là la condition nécessaire et suffisante pour que la famille

$$x_\alpha = \text{const.}$$

soit *isotherme;* il faut et il suffit que

$$\frac{g^{\alpha\beta}}{g^{\alpha\alpha}}\frac{\partial}{\partial x_\beta}(\log g^{\alpha\beta}\sqrt{g}) = \text{fonct. de } x_\alpha \text{ seule.} \tag{1}$$

C'est la généralisation du critère donné par Lamé.

2. Comme application proposons-nous de chercher les familles isothermes admettant les transformations d'un groupe continu à un paramètre. On pourra ramener le groupe à sa forme canonique

$$u_i(x'_1,\ x'_2,\ \ldots,\ x'_n) = u_i(x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n) \qquad (i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n-1);$$
$$u_n(x'_1,\ x'_2,\ \ldots,\ x'_n) = u_n(x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n) + t.$$

Comme l'équation de la famille est alors nécessairement de la forme

$$u_n = f(u_1,\ u_2,\ \ldots,\ u_{n-1}) + \lambda,$$

on prendra comme coordonnées curvilignes λ, u_1, u_2, ..., u_{n-1} et l'on appliquera le critère (1) à la famille

$$\lambda = \text{const.}$$

On sera ainsi conduit à une équation aux dérivées partielles du second ordre pour la fonction inconnue $f(u_1,\ u_2,\ \ldots,\ u_{n-1})$.

Par exemple, la famille de courbes isothermes admettant le groupe (en coordonnées polaires)

$$r' = r e^{kt},$$
$$\theta' = \theta + t$$

a pour équation

$$e^{a(\theta + k \log r)} \cos(a \log r - a k \theta + c) = \text{const.} \qquad (c = \text{const.}).$$

On trouve de même que les surfaces isothermes homothétiques, par rapport à l'origine, s'obtiennent en égalant à une constante, soit une fonction homogène harmonique, soit une fonction homogène dont le logarithme est harmonique.

3. Soit encore à trouver les familles isothermes formées de surfaces parallèles. On aura

$$x = \lambda c + \xi,$$
$$y = \lambda c' + \eta,$$
$$z = \lambda c'' + \zeta,$$

ξ, η, ζ étant les coordonnées d'un point d'une surface particulière de la famille, c, c', c'' les cosinus directeurs de la normale; ces six quantités sont fonctions de deux paramètres u et v. On prendra comme coordonnées curvilignes λ, u, v et, en écrivant que $\lambda =$ const. est une famille isotherme, on sera conduit à exprimer que le déterminant

$$\begin{vmatrix} c & c' & c'' \\ \lambda \dfrac{\partial c}{\partial u} + \dfrac{\partial \xi}{\partial u} & \lambda \dfrac{\partial c'}{\partial u} + \dfrac{\partial \eta}{\partial u} & \lambda \dfrac{\partial c''}{\partial u} + \dfrac{\partial \zeta}{\partial u} \\ \lambda \dfrac{\partial c}{\partial v} + \dfrac{\partial \xi}{\partial v} & \lambda \dfrac{\partial c'}{\partial v} + \dfrac{\partial \eta}{\partial v} & \lambda \dfrac{\partial c''}{\partial v} + \dfrac{\partial \zeta}{\partial v} \end{vmatrix}$$

est une fonction de λ, multipliée par une fonction de u et v; ce qui signifie que les rayons de courbure principaux de la surface considérée sont constants. Il n'y a donc pas d'autres familles isothermes formées de surfaces parallèles que les sphères concentriques, les cylindres circulaires de même axe et les plans parallèles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de Poisson.* Note de M. **Evans**, présentée par M. Hadamard.

On constate que l'on peut simplifier les hypothèses données dans les Notes récentes de M. Bray et moi [1] par l'omission de la condition (a).

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1368 et 1042.

La condition nécessaire et suffisante pour la formule généralisée de Poisson est donc la seule condition (b) — que $\int_0^{2\pi}|u(r,\theta)|\,d\theta$ reste bornée, $r<1$; la condition nécessaire et suffisante pour la formule ordinaire de Poisson est (c') — que la continuité absolue de $\int|u(r,\theta)|\,d\theta$ soit uniforme pour une suite dénombrable $\{r_n\}$, $\lim\limits_{n=\infty} r_n = 1$, de valeurs de r, condition qui est manifestement satisfaite si $u(r,\theta)$ reste bornée. Pour établir cela, il suffit de démontrer que (a) est impliquée par (b).

En posant, pour simplifier, $u(0)=0$, on écrit

$$F(r,\theta)=\int_0^\theta u(r,\theta)\,d\theta=\sum_1^\infty (r^k(A_k\cos k\theta+B_k\sin k\theta),$$

où

$$|A_k|,\ |B_k|<\frac{T}{\pi r^k k}\qquad (r<1),$$

avec

$$T>\int_0^{2\pi}|u(r,\theta)|\,d\theta.$$

Mais [condition (b)] la quantité T ne dépend pas de r, et nous pouvons poser

$$|A_k|,\ |B_k|\leqq\frac{T}{\pi k}.$$

Donc la série

$$\sum_1^\infty (A_k\cos k\theta+B_k\sin k\theta)=F_1(\theta)$$

est convergente presque partout [1], et par conséquent le procédé de sommation donné par $\lim\limits_{n=\infty} F(r,\theta)$ est convergent vers $F_1(\theta)$ pour les mêmes valeurs de θ. Mais encore [condition (b)], $F_1(\theta)$ est à variation bornée sur ces valeurs de θ, et par extension on peut la définir comme fonction de variation bornée pour tout θ, $0\leqq\theta\leqq 2\pi$. Cela suffit pour appliquer le théorème de Bray, comme dans les Notes citées, les points où $\lim\limits_{r=1} F(r,\theta)=F_1(\theta)$ étant denses dans tout intervalle. Ainsi on obtient la formule généralisée de Poisson, et aussi la condition (a), que $\lim\limits_{r=1} F(r,\theta)$ existe pour tout θ.

---

(1) JEROSCH et WEYL, *Mathematische Annalen*, t. 66, p. 70.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques applications techniques des équations intégrales*. Note de M. **F.-H. VAN DEN DUNGEN**, transmise par M. Émile Borel.

1. Jusqu'à présent, l'équation de M. Fredholm n'a été utilisée qu'en Analyse pure et en Physique mathématique. Nous avons fait quelques applications de ces équations à des problèmes intéressant l'art de l'ingénieur : vitesses critiques, vibrations, charges de flambement, oscillations électriques.

Dans ces problèmes, le point principal est la recherche des nombres fondamentaux pour lesquels l'équation homogène admet une solution non identiquement nulle. Les conditions souvent compliquées des questions techniques rendent, en général, la résolution exacte impraticable et l'on devra se borner à des calculs approchés; dans ce but, on se servira de deux procédés d'un grand intérêt, à savoir :

a. L'application de la méthode de Grœffe, qui permet de trouver rapidement les racines de $D(\lambda) = 0$; on voit ainsi que le plus petit nombre fondamental est donné approximativement par

$$\lambda = \frac{1}{A_1}, \tag{1}$$

A_1 étant la première trace; nous retrouverons grâce à cette formule des formules expérimentales importantes.

b. Le procédé d'approximations successives de M. Picard, qui permet également de calculer, avec la précision voulue, les nombres fondamentaux [1]; nous en déduirons également des formules expérimentales.

2. *Équation intégrale des vitesses critiques*. — Soient respectivement, F et C, f et c, les forces et les couples locaux et répartis qui sollicitent en flexion plane une pièce reposant sur un ou plusieurs appuis; les flèches seront mesurées par l'ordonnée y, fonction de l'abscisse s variant de o à l, d'une extrémité de la pièce à l'autre; l'inclinaison de la ligne élastique sera désignée par y', dérivée de y par rapport à s. Le théorème de Betti-Boussinesq-Levy s'étend à ce cas de flexion et donne

$$\Sigma F\bar{y} - \Sigma C\bar{y}' + \int_0^l f\bar{y}\,ds - \int_0^l c\bar{y}'\,ds = \Sigma\bar{F}y - \Sigma\bar{C}y' + \int_0^l \bar{f}y\,ds - \int_0^l \bar{c}y'\,ds,$$

---

[1] Voir notre Note, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1864.

en comparant deux états de sollicitations différentes; les forces sont supposées positives dans le sens des y croissants et les couples, suivant le sens de rotation Oy sur Ox. Il s'ensuit que si α_{xs} mesure la flèche en x lorsque la pièce n'est sollicitée que par une force unitaire en s et que, de même, β_{xs} est la flèche en x due à un couple unitaire en s, on aura

$$(2)\quad \begin{cases} y_x = \int_0^l \alpha_{xs} f_s\, ds + \int_0^l \beta_{xs} c_s\, ds + \Sigma \alpha_{xh} F_h + \Sigma \beta_{xh} C_h \\ \text{et} \\ y'_x = \int_0^l \gamma_{xs} f_s\, ds + \int_0^l \delta_{xs} c_s\, ds + \Sigma \gamma_{xh} F_h + \Sigma \delta_{xh} C_h, \end{cases}$$

avec les relations

$$\frac{\partial \alpha_{xs}}{\partial x} = \gamma_{xs}, \qquad \frac{\partial \beta_{xs}}{\partial x} = \delta_{xs}$$

et

$$\alpha_{xs} = \alpha_{sx}, \qquad \beta_{xs} = -\gamma_{sx}, \qquad \delta_{xs} = \delta_{sx} \quad (^1).$$

Dans le cas d'un rotor soumis à des forces et des couples centrifuges, on a

$$(3)\quad \begin{cases} f_s = \dfrac{p_s}{g}\omega^2(y_1 + e_s), \qquad F_h = \dfrac{P_h}{p}\omega^2(y_h + e_h) \\ \text{et} \\ c_s = \dfrac{p_s}{g}\dfrac{r^2}{4}\omega^2(y'_s + \theta_s), \qquad C_h = \dfrac{I_{1h} - I_h}{g}\omega^2(y'_h + \theta_h); \end{cases}$$

dans ces formules nous avons désigné par p le poids de l'arbre par unité de longueur, r son rayon, P le poids d'un disque porté par l'arbre, I_1 le moment d'inertie d'un disque pour son axe de révolution, I le moment d'inertie pour un axe normal au précédent, e et θ des excentricités et inclinaisons dues aux défauts de construction et, enfin, ω la vitesse angulaire de rotation.

Grâce à ces valeurs des forces et des couples, les équations (2) deviennent des équations intégrales dont le paramètre est ω^2; on réduit ces équations à une seule équation du type de M. Fredholm par l'emploi d'un noyau discontinu défini pour un intervalle d'intégration $2l + 2n$ s'il y a n forces F_h et n couples C_h (²).

Les vitesses critiques sont fournies par les valeurs de ω pour lesquelles y devient infini : ce sont les racines de l'équation $D(\omega^2) = 0$; leurs carrés sont

(¹) Il existe aussi des relations exprimant que le travail de flexion est positif. On a, par exemple, $\alpha_{xx} > 0$ et $\delta_{xx} < 0$.

(²) Il suffit d'employer un artifice analogue à celui imaginé par M. Fredholm pour résoudre un système d'équations intégrales du type ordinaire.

les nombres fondamentaux de l'équation intégrale homogène obtenue en supposant que e et θ sont nuls dans (3).

Le noyau de l'équation peut être ramené à la forme de M. E. Schmidt; on en déduit d'intéressantes conséquences pour les questions fondamentales, entre autres, une condition d'orthogonalité [1].

3. *Formule de Dunkerley.* — La formule (1) donne immédiatement, pour la plus basse vitesse critique, la relation

$$\frac{1}{\omega^2} = \int_0^l \alpha_{ss} \frac{p_s}{g} ds + \int_0^l \delta_{ss} \frac{p_s}{g} \frac{r^2}{4} ds + \Sigma \alpha_{hh} \frac{l_h}{g} + \Sigma \delta_{hh} \frac{I_{ih} - I_h}{g},$$

qui s'identifie dans des cas simples avec la formule expérimentale de Dunkerley; chacun des termes du second membre a un sens physique bien déterminé; par exemple $\alpha_{hh} \frac{P_h}{g}$ est l'inverse du carré de la vitesse critique du rotor étudié, sous l'effet de la force F_h agissant seule [2].

ASTRONOMIE. — *Essai de représentation de la durée t d'évolution continue des étoiles en fonction de la température effective* θ. *Application au Soleil.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La théorie de Russell, complétant celle de Lockyer, suppose que l'évolution continue des étoiles les fait passer sans changement de masse et par condensation gravitative de la phase de *géantes* à celle de *naines* après avoir atteint un maximum θ_m de leur température effective : mais elle ne donne aucune indication sur la durée de cette évolution. La théorie d'Eddington fait seulement prévoir que l'évolution ascendante est plus courte que l'évolution descendante parce que, à température égale θ, les géantes rayonnent beaucoup plus que les naines : la dissymétrie de la courbe d'évolution doit donc être d'autant plus accentuée que le rayonnement de l'étoile géante est plus grand, c'est-à-dire que sa masse est plus forte.

Étant donné que la température limite $\theta = -273^\circ$ ne peut être atteinte par aucune étoile géante ou naine, la courbe représentative de la durée t d'évolution en fonction de θ présente un maximum θ_m et est asymptotique

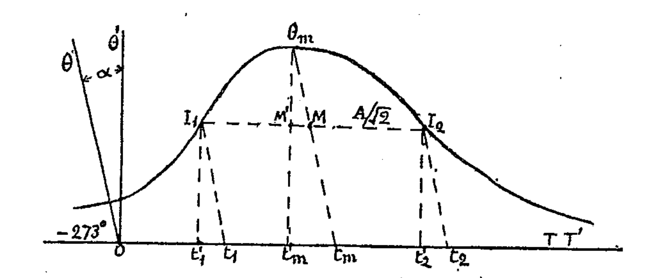
(1) On peut également démontrer que les pôles du noyau résolvant sont simples et réels.

(2) M. Hahn a obtenu une formule analogue à celle-ci (*Schweitz. Bauzeit.*, 9 et 16 novembre 1918) par un raisonnement purement intuitif.

du côté des géantes et des naines à l'axe des t pour $\theta = -273°$. Elle est donc de la forme générale de la courbe en cloche de Gauss, d'où

$$\theta = \theta_m e^{-\left(\frac{t-t_m}{A}\right)^2} \quad (t_m \text{ correspondant à } \theta_m). \tag{1}$$

Mais cette courbe rapportée à des axes rectangulaires serait symétrique par rapport à l'ordonnée θ_m. Pour obtenir une courbe analogue, mais dissymétrique par rapport à θ_m, il suffit de supposer que la courbe (1) est rapportée à des axes obliques, OT faisant avec $O\theta$ un angle $(90 + \alpha)$ et



qu'elle est ensuite projetée sur des axes rectangulaires OT', $O\theta'$; OT' coïncidant d'ailleurs avec OT. L'équation de la courbe dissymétrique est alors par la transformation de coordonnées

$$\theta' = \theta'_m e^{-A^2[t' - t'_m + \operatorname{tang}\alpha(\theta' - \theta'_m)]^2}, \tag{2}$$

$\operatorname{tang}\alpha$ caractérise alors la dissymétrie de la courbe d'évolution, dissymétrie augmentant avec la masse, tandis que A caractérise la lenteur de l'évolution.

D'après ce qui précède, la courbe d'évolution présente toujours deux points d'inflexion I_1, I_2, un sur chacune des deux branches. Par suite, *il y a toujours pour chaque étoile un type spectral où la vitesse d'évolution est maxima soit dans la phase géante, soit dans la phase naine.*

La statistique des étoiles de chaque type spectral pourrait peut-être vérifier cette particularité théorique. Déjà dans leur statistique de 1643 étoiles classées suivant les types spectraux et les magnitudes absolues, Adams et Joy ont constaté la rareté des géantes des types F_0 à F_4 comparé au nombre des étoiles des types F_5 à F_9.

La température θ_i du point d'inflexion est :

$$\theta_i = \theta_m e^{-\frac{1}{2}} = 0,6066\,\theta_m. \tag{3}$$

Ainsi *le type spectral correspondant à la vitesse d'évolution maxima ne dépend que de la température maximum θ_m pouvant être atteinte par l'étoile, c'est-à-dire de sa masse.* Les temps t_1, t_2 correspondant aux deux points d'inflexion sont dans le système (1) avec axes obliques $O\theta$, OT :

$$\left.\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix}\right\} = t_m \mp \frac{A}{\sqrt{2}}.$$

Et puisque $MI_1 = MI_2$, la distance I_1I_2 qui sépare dans le temps les deux points d'inflexion est égale à $A\sqrt{2}$, ce qui montre bien que la durée d'évolution augmente avec A.

Il est facile de calculer que dans le système d'axes $\theta' OT'$, la dissymétrie de la courbe est caractérisée par la différence des distances de I_1I_2 à l'ordonnance θ'_m, soit $2MM'$ ou :

$$(t'_2 - t'_m) - (t'_m - t'_1) = 2 \tang\alpha\,\theta'_m\left(1 - e^{-\frac{1}{2}}\right).$$

Il est probable que la durée de l'évolution pour une même masse augmente avec l'opacité de l'atmosphère stellaire qui serait ainsi en rapport avec A tandis que $\tang\alpha$ et θ'_m seraient fonction de la masse.

Admettons que A ait été constant au cours de l'évolution du Soleil : si sa température maxima a été 8000° et s'il a mis 500 millions d'années pour évoluer de la température $\theta_0 = 2000°$ ascendante $(t = 0)$ jusqu'au type G_5 actuel $(\theta = 6000°)$ la théorie précédente permet de calculer la température 4850° des points d'inflexion de la courbe d'évolution et dans le système (1) les durées d'évolution ascendante depuis $t = 0$ (2000°) jusqu'au premier point d'inflexion au bout de 86,5 millions d'années (4850°) et jusqu'au maximum (8000°) au bout de 343,4 millions d'années. Le Soleil aurait donc mis 156 millions d'années à parcourir la courbe descendante de son évolution de 8000° à 6000°.

Si dans sa phase géante le protosoleil provenant de la région des Novæ (distance moyenne 20000 a. L. d'après Lundmark) s'est dirigé vers le centre de la Voie lactée avec la vitesse constante de 20^{km}, il y serait arrivé en 300 millions d'années; mais cette durée est un minimum, si la vitesse de 20^{km} par seconde a été impartie au Soleil par l'attraction des étoiles dispersées dans le noyau de la Voie lactée. Aussi est-il admissible de porter la durée d'évolution à 500 millions d'années, depuis l'époque où la température effective du protosoleil géant était de 2000°.

La statistique des étoiles réparties par grandeurs absolues d'après la courbe de Kapteyn et Van Rhyjn ne permet pas de décider s'il fut un

temps $t = 0$ où a commencé l'évolution de toutes les étoiles et où toutes elles étaient géantes; il est probable que le nombre des géantes toutes très brillantes fausse la statistique et fait ressortir un déficit relatif du nombre des étoiles naines peu lumineuses.

ASTRONOMIE. — *Influence des divers éléments d'un objectif (ouverture, distance focale, grossissement) sur la qualité des images télescopiques.* Note de M. R. **Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Au cours de la discussion d'observations faites à Sétif en 1918, j'ai été amené à étudier sous toutes ses faces la qualité des images télescopiques, par rapport à sa dépendance des grossissements employés et des ouvertures données à l'instrument en vue de la meilleure définition possible.

Rappelons d'abord que les diaphragmes, ainsi que je l'ai déjà énoncé dans mes précédentes publications, ne peuvent être utilisés avec fruit notablement au-dessous du tiers du diamètre de l'objectif. C'est ainsi qu'avec un objectif de 50^{cm} de diamètre on ne peut descendre comme ouverture au-dessous de 33 ou 32^{cm}, tout au plus. Par suite, le diamètre moyen de l'ouverture employée à une station ne découle pas seulement de la qualité des images, mais aussi du diamètre brut de l'objectif.

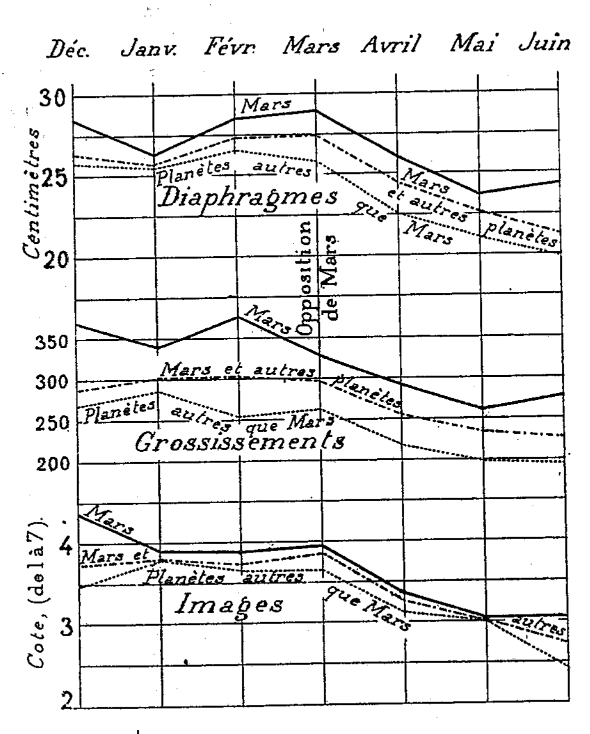
Nous avons vérifié cette loi en 1914 à Sétif, où l'on employait un objectif de 50^{cm} d'ouverture; nous n'avons jamais, pour ainsi dire, utilisé une ouverture inférieure à celle donnée théoriquement par la loi énoncée plus haut, ce qui d'ailleurs a beaucoup gêné nos travaux. En 1918, on s'est servi d'un réfracteur de 37^{cm} d'ouverture et de $4^{m},50$ de longueur focale, pouvant à la rigueur être diaphragmé à 25 ou 22^{cm}; et ces faibles ouvertures ont été même réduites pour certaines études planétaires, faites en plein jour.

Pour l'étude des *grossissements*, on ne doit pas oublier que certaines planètes les supportent moins bien que d'autres. D'un autre côté, le diamètre apparent du disque de la planète observée intervient aussi; plus il est faible, plus fort devra être le grossissement pour qu'on puisse apercevoir les plages de sa surface.

Mais il existe encore une autre cause moins connue, très importante, qui influe sur le choix du grossissement.

Il semble, en effet, d'après les recherches auxquelles je me suis livré, qu'il existe pour les grossissements une *longueur focale* optima des réfrac-

teurs. Cette longueur focale se trouverait entre 6^m et $6^m,75$. Au-dessus de cette longueur focale on perdrait plutôt qu'on ne gagnerait, mais c'est surtout dans les longueurs focales inférieures que la perte serait particulièrement importante. Une longueur focale de 3^m amènerait une très grande perte dans le grossissement; à $3^m,50$, elle est encore très notable, moindre à $4^m,50$ et faible à $5^m,50$. Avec 3^m de longueur focale par rapport à $6^m,35$, j'évalue la perte en grossissement à 75 amplifications, étant donnée une station de qualité moyenne comme images télescopiques, à 1000^m d'altitude, entre 45° et 35° de latitude.



L'existence de la longueur focale optima est difficile à expliquer. Toutefois, on ne doit pas oublier qu'avec un instrument de 3^m de longueur focale, les vagues atmosphériques sont au point, et donc bien visibles à une altitude beaucoup moins élevée qu'avec une longueur focale de $6^m,50$. D'un autre côté les vagues atmosphériques n'influencent pas la qualité des images de la même manière quand elles sont bien au point, ou quand elles ne le sont pas, d'autant plus qu'à 1000^m d'altitude, les vagues les plus denses sont déjà éliminées et que les autres se distinguent plus nettement, ce qui a fait dire à certains astronomes peu avertis que les images sont plus onduleuses à de

hautes altitudes qu'à de plus basses. Toutefois, les grandes longueurs focales présentent des désavantages multiples, en particulier la difficulté de mise au point. Il semblerait donc que la longueur focale optima dépend de causes diverses agissant peut-être même en sens contraire.

En étudiant le diagramme que je donne ici, on constatera qu'il existe une corrélation manifeste entre l'ouverture donnée à l'instrument et la qualité des images.

On pourrait croire qu'il en est complètement de même pour les grossissements; mais, après expérience, il est apparu que c'est à peu près uniquement de la qualité des images et non de l'ouverture donnée à l'instrument que résulte le pouvoir amplificateur; l'ouverture ayant peu d'influence à ce sujet, beaucoup moins que la longueur focale, surtout dès qu'on arrive à une ouverture atteignant ou dépassant 26^{cm}. Par contre, quand la qualité des images permet d'utiliser 33 à 35^{cm} d'ouverture, on constate que la définition serait meilleure pour une amplification donnée qu'avec une ouverture moindre.

Ceci nous permet d'avoir une opinion sur l'instrument en général le meilleur pour les études planétaires. L'ouverture du réfracteur aurait de 34 à 35^{cm} suivant que l'altitude serait légèrement inférieure ou supérieure à 1000^{m}. Longueur focale $6^{m},35$ à $6^{m},50$. Objectif très surcorrigé au point de vue achromatique. Barillet très léger en fonte, ajouré en tous sens. Coupole en partie enterrée. Dôme préservé des changements de température par des paillassons fortement irrigués.

COSMOGONIE. — *Possibilité d'un potentiel infini, et d'une vitesse moyenne de toutes les étoiles égale à celle de la lumière* Note [1] de M. **E. Selety**, transmise par M. Émile Borel.

1. Du point de vue de la relativité de la grandeur l'hypothèse la plus satisfaisante est que, dans l'univers à hiérarchie moléculaire, les longueurs, temps et masses sont proportionnels l'un à l'autre dans les systèmes des différents ordres, tandis que les vitesses relatives sont les mêmes [2]. J'appelle cet univers « à hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique ». Tous

---

[1] Séance du 16 juillet 1923.

[2] La même hypothèse était déjà faite par M. Fournier d'Albe dans son Livre : *Two New Worlds*.

les systèmes d'ordre quelconque peuvent alors être dynamiquement stables.

Dans l'univers à hiérarchie moléculaire, le potentiel à la surface d'un système quelconque d'ordre i (qu'il soit situé à la périphérie ou au centre des systèmes dans lesquels il est contenu) est plus grand, en valeur absolue, que

$$k^2 \frac{M_i}{R_i} + k^2 \sum_i^\infty n \frac{M_{n+1} - M_n}{R_{n+1}}.$$

Dans la hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique, le potentiel est donc infini.

Mais il n'est pas nécessaire que le potentiel soit fini ([1]). Pour échapper aux objections de Seeliger, il suffit que les accélérations de la gravité restent sûrement inférieures à une quantité donnée. Et pour cela il suffit que la densité moyenne décroisse plus vite que $\frac{1}{r}$.

Einstein a dit que la différence de potentiel à l'infini ne doit pas être plus grande que celle qui peut produire des vitesses de la grandeur des vitesses connues des étoiles ([2]). Cela l'a conduit à son « objection de désolation ». Mais bien que les corps qui viennent des grandes distances aient des grandes vitesses, il est possible qu'ils n'arrivent qu'assez *rarement*. La théorie de la sphère de gaz isotherme (dans laquelle la masse est infinie comme r, le potentiel comme Log r) et, encore plus exactement, le calcul de G.-H. Darwin concernant l'équilibre d'un nuage de météorites ([3]), prouvent qu'un équilibre *statistique* est possible dans un univers à symétrie sphérique avec des masses infinies, un potentiel infini et des vitesses moyennes aussi petits qu'on veut.

2. Pour les mêmes raisons pour lesquelles il n'est pas satisfaisant qu'il y ait un point exceptionnel dans l'espace, il n'est pas satisfaisant que la

---

([1]) Selon la théorie générale de la relativité, le potentiel est nécessairement fini, si l'univers à quatre dimensions doit être quasi minkowskien (au sens usuel), c'est-à-dire quand un système de coordonnées est possible dans lequel les $g_{\mu\nu}$ s'écartent partout très peu des valeurs ± 1 pour $\mu = \nu$, et o pour $\mu \neq \nu$. Mais j'espère pouvoir prouver ailleurs que, même selon la théorie de la relativité généralisée, une hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique est possible. L'univers n'est pas alors quasi minkowskien, mais, si je puis dire, « non uniformément minkowskien ».

([2]) EINSTEIN, *Berlin Sitzungsberichte*, 1917, p. 143.

([3]) G.-H. DARWIN, *London Transactions*, vol. 180 A, 1889, p. 36, etc.; *London Proceedings*, vol. 45, 1888, p. 12.

matière prenne de préférence un état de mouvement uniforme. Le premier cas correspond à l'existence, dans l'univers de Minkowski, d'une *ligne* de temps singulière, le second d'une *direction* de temps singulière. Pour qu'il n'y en ait pas, la matière ne doit pas être dans un état quasi statique. Mais elle n'est parfaitement non statique, que lorsque la vitesse relative moyenne est infinie, d'après la théorie classique, et égale à celle de la lumière (c), d'après la théorie de la relativité restreinte.

Nous désignons, dans la hiérarchie moléculaire avec similitude dynamique, la vitesse de chaque système d'ordre n par rapport au centre de gravité du système d'ordre $n+1$, dans lequel il est contenu, par v. Alors, selon la théorie classique, la racine carrée de la vitesse quadratique moyenne des systèmes du premier ordre par rapport au centre de gravité de système d'ordre n, dans lequel ils sont contenus, est

$$\nu = v\sqrt{n}.$$

Donc, d'après la théorie classique, la vitesse relative moyenne de toutes les étoiles de l'univers est infinie, mais la vitesse relative de deux étoiles particulières quelconques est naturellement finie. J'ai trouvé d'après la théorie de la relativité restreinte, pour une valeur moyenne analogue, la valeur

$$v_n = c\sqrt{1-\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^n} = v\sqrt{n-\binom{n}{2}\frac{v^3}{c^2}, \dots}$$

Comme v est petit vis-à-vis de c, pour de petites valeurs de n cette formule est identique à la précédente; pour n grand, v_n tend vers la limite c. Donc la valeur moyenne des vitesses relatives de tous les corps du même ordre de grandeur est *égale à c*, mais, dans chaque cas particulier, la vitesse est naturellement *inférieure à c*.

En rattachant à cela ma démonstration de la possibilité d'un univers à hiérarchie moléculaire sans centre de gravité (¹), *il est donc prouvé qu'un univers minkowskien avec une densité moyenne nulle est possible mathématiquement et physiquement sans aucune singularité cosmologique, c'est-à-dire sans qu'il y ait une ligne de temps ou une direction de temps exceptionnelles.*

(¹) *Comptes rendus*, 9 juillet 1923.

ÉLASTICITÉ. — *Sur un problème d'élasticité en coordonnées polaires.* Note de M. **Wladimir de Bélaévsky**, présentée par M. Mesnager.

La résolution du problème relatif à l'équilibre élastique d'une enveloppe cylindrique soumise à la pression extérieure et intérieure (problème de Lamé) conduit, comme on sait, aux expressions de tensions qui ne contiennent que deux constantes arbitraires.

Je vais montrer dans la présente Note comment on peut obtenir une solution du même problème qui contiendrait trois constantes.

Dans ce cas-là, les équations d'élasticité en coordonnées polaires se réduisent à une seule :

$$\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r} + \frac{\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta}}{r} = 0 \quad \text{[notations de Love (1)].} \tag{1}$$

Les fonctions $\widehat{rr}$ et $\widehat{\theta\theta}$ doivent vérifier les conditions de Saint-Venant-Beltrami :

$$\left\{\begin{aligned} &\nabla^2 \widehat{rr} - \frac{2}{r^2}(\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta}) + k\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2} = 0 \\ &\nabla^2 \widehat{\theta\theta} + \frac{2}{r^2}(\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta}) + k\frac{1}{r}\frac{\partial \Delta}{\partial r} = 0 \end{aligned}\right. \qquad \left(k = \frac{1}{1+\sigma}\right), \tag{2}$$

∇^2 étant le symbole de Laplace, $\Delta = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r}$ la dilatation cubique, σ le coefficient de Poisson.

Mettons l'expression $\widehat{rr} - \widehat{\theta\theta} = -r\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r}$ tirée de (1) dans la première équation (2) et l'on aura

$$\nabla^2 \widehat{rr} + \frac{2}{r}\frac{\partial \widehat{rr}}{dr} = -k\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2}.$$

Mais puisque

$$\nabla^2 \widehat{rr} = \frac{\partial^2 \widehat{rr}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r}, \tag{3}$$

on obtient, au lieu de (3), l'équation suivante :

$$\frac{\partial^2 \widehat{rr}}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r} = -k\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2}. \tag{4}$$

---

(1) Love, *A treatise on the Mathematical theory of elasticity*, 1920.

La dilatation cubique Δ vérifie l'équation de Laplace

$$\nabla^2\Delta \equiv \frac{\partial^2\Delta}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial\Delta}{\partial r} = 0,$$

dont l'intégrale générale est

$$\Delta = \frac{C}{k}\log r + C_1.$$

Mettons cette intégrale dans (4) et l'on aura

$$\frac{\partial^2 \widehat{rr}}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \widehat{rr}}{\partial r} = \frac{C}{r^2},$$

d'où, pour la tension radiale, on obtient

$$\widehat{rr} = A - \frac{B}{2r^2} + \frac{C}{2}\log r,$$

et l'on trouvera facilement

$$\widehat{\theta\theta} = A + \frac{B}{2r^2} + \frac{C}{2}\log er.$$

Quant à la tension tangentielle $\widehat{r\theta}$, elle est égale à zéro.

En posant $C = 0$, on reconnaît les formules classiques de Lamé [1].

La solution ainsi obtenue peut être utile dans certains cas, lorsqu'on a trois conditions à remplir, mais elle n'est applicable qu'au cas de couronne circulaire.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Synthèse de la gravifique.* Note [2] de M. **Th. De Donder**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. La synthèse que nous avons développée dans deux Notes précédentes [3] renferme une dissymétrie : les hamiltoniens qui figurent dans les équations fondamentales (II) et (III) de la première Note sont pris respectivement par rapport aux 10 potentiels gravifiques $g^{\alpha\beta}$ et par rapport aux 4 potentiels électromagnétiques Φ_α. Pour pouvoir étudier à la fois et d'une manière symétrique les champs gravifique et électromagnétique, il faut introduire des potentiels en nombre supérieur à 10. Choisissons, dans ce

---

[1] Voir, par exemple, Love, *loc. cit.*, p. 143.
[2] Séance du 16 juillet 1923.
[3] Voir *Comptes rendus*, séances du 11 et du 25 juin 1923.

but, 40 *fonctions* $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ *de* $x_1, \ldots, x_4$ covariantes aux accolades $\left\{ {\alpha\beta \atop \gamma} \right\}$ de Christoffel et, comme celles-ci, symétriques par rapport aux indices α et β. Nous dirons que les $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ sont les potentiels gravi-électromagnétiques ou, plus simplement, *les potentiels gravélectriques* (1); ils déterminent l'effet produit par les ultra-électrons et les électrons.

Supposons maintenant que le multiplicateur $\mathfrak{M}$ utilisé dans notre première Note dépende aussi des 40 potentiels gravélectriques $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées successives par rapport à $x_1, \ldots, x_4$. Alors, au premier membre de l'identité (I) de notre première Note, on ajoutera l'expression suivante :

$$\text{(I)}' \quad \left\{ +\sum_i\sum_j\sum_k \left[-\Gamma^k_{ij,\alpha}\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^k_{ij}} - \frac{d}{dx_i}\left(\Gamma^i_{jk}\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^\alpha_{jk}} - 2\Gamma^k_{\alpha j}\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^k_{ij}} + \frac{d}{dx_j}\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^\alpha_{ij}}\right)\right] \right. \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4),$$

où l'on a posé

$$\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^\alpha_{jk}} = \frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Gamma^\alpha_{jk}} - \sum_i \frac{d}{dx_i}\left(\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Gamma^\alpha_{jk,i}}\right) + \ldots$$

et où $\Gamma^k_{ij,\alpha}$ représente la dérivée par rapport à x_α du potentiel Γ^k_{ij}.

En vertu d'un théorème général sur la covariance des hamiltoniens (2), on peut affirmer que $\frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^\alpha_{jk}}$ est covariant à un multiplicateur M, multiplié par un contrevariant symétrique du second degré M^{jk}, multiplié par un covariant du premier degré M_α.

Les 40 équations fondamentales de la Gravifique seront, dans cette nouvelle synthèse,

$$\text{(II)}' \qquad \frac{h\mathfrak{M}}{h\Gamma^\gamma_{\alpha\beta}} = 0.$$

Elles remplacent ici les équations (II) et (III) de notre première Note.

2. Posons

$$\mathfrak{M} \equiv \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2$$

et supposons que $\mathfrak{M}_1$ ne dépende que des $\Gamma^\gamma_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées successives.

---

(1) A. Einstein, en partant des travaux de Weyl et d'Eddington sur le déplacement parallèle de Levi-Civitá, a considéré des fonctions équivalentes (*Sitzungsberichte K. Ak. Wiss.*, 15 février 1923).

(2) TH. DE DONDER, *Archives du Musée Tayler*, Haarlem; 2e série, t. 3, 1917, voir éq. (361).

Posons, en outre,

$$\frac{h\mathfrak{M}_1}{h\Gamma^\gamma{}_\beta} \equiv {}^g\mathfrak{T}^{\alpha\beta}_\gamma \qquad \text{et} \qquad \frac{h\mathfrak{M}_2}{h\Gamma^\gamma_{\alpha\beta}} \equiv \mathfrak{T}^{\alpha\beta}_\gamma.$$

En appliquant à $\mathfrak{M}_1$ l'identité (I) de la première Note, identité complétée par (I)′ de la présente Note, nous obtenons *le théorème du tenseur gravélectrique* $\mathfrak{T}^{\alpha\beta}_\gamma$

$$\sum_i \sum_j \sum_k \left[\Gamma^k_{ij,\alpha}\mathfrak{T}^{ij}_k + \frac{d}{dx_i}\left(\Gamma^i_{jk}\mathfrak{T}^{jk}_\alpha - 2\Gamma^k_{\alpha j}\mathfrak{T}^{ij}_k + \frac{d\mathfrak{T}^{ij}_\alpha}{dx_j}\right)\right] = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4).$$

Nos identités (I) complétées par (I′) permettent d'écrire ces quatre équations sous une forme beaucoup plus commode. Nous allons en indiquer une application importante.

3. Considérons *un champ massique* incohérent, et prenons pour caractériser ce champ la fonction

$$\mathfrak{M}_2 \equiv \mu W,$$

où

$$W \equiv \sqrt{\sum_\alpha \sum_\beta G_{\alpha\beta} u^\alpha u^\beta}; \qquad u^\alpha \equiv \frac{dx_\alpha}{ds};$$

$$\text{(III')} \qquad (ds)^2 \equiv \sum_\alpha \sum_\beta G_{\alpha\beta}\, dx_\alpha\, dx_\beta.$$

Le covariant asymétrique du second degré $G_{\alpha\beta}$ n'est autre que celui qui figure dans l'invariant de courbure de Gauss ([1]), après remplacement des accolades $\left\{ {ij \atop k} \right\}$ par les potentiels correspondants Γ^k_{ij}.

On aura donc $W = 1$. La fonction μ de $x_1 \ldots x_4$ représente le coefficient massique; c'est une multiplication.

Le théorème du tenseur $\mathfrak{T}^\gamma_{\alpha\beta}$ ou de l'impulsion devient ici (voir fin de notre première Note) :

$$\sum_i \left[u^{i,\alpha}\mu\frac{\partial W}{\partial u^i} + \frac{d}{dx_i}\left(\mu u^i \frac{\partial W}{\partial u^\alpha}\right) - \mu\frac{dW}{dx_\alpha}\right] = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4).$$

Nous en déduisons immédiatement les deux théorèmes suivants :

([1]) Voir, par exemple, l'équation (6) de notre *Gravifique einsteinienne* (Gauthier-Villars, 1921). Ces $G_{\alpha\beta}$ et le $(ds)^2$ écrits ci-dessus ont aussi été utilisés par A. Einstein dans sa Note sus-mentionnée.

Tout point massique décrit une extrémale ([1]) *de l'espace-temps défini par* (III').

La masse incohérente se meut de manière à satisfaire l'équation de continuité

$$\sum_i \frac{d(\mu u^i)}{dx_i} = 0.$$

Ces deux théorèmes sont donc indépendants de la fonction que l'on choisira pour représenter $\mathfrak{M}_1$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les solutions aqueuses. Origine des effets osmotiques.* Note de M. CAMILLE GILLET, présentée par M. Haller.

La Communication récente de M. H.-E. Armstrong ([2]) m'oblige à résumer ici mes travaux sur le même sujet, qui datent de 1908 ([3]).

MM. Kling et Lassieur, également à propos de la Note de M. Armstrong, viennent de publier des idées fort analogues à celles de M. Armstrong et aux miennes ([4]). D'accord avec M. Kling, nous nous permettons de souligner l'importance de ce fait que trois chimistes, travaillant indépendamment les uns des autres, arrivent à des conclusions qui se ressemblent à ce point.

1. L'eau est un mélange en équilibre de dissociation, d'*hydrol* H^2O, de *dihydrol* $(H^2O)^2$, et de *polyhydrol* $(H^2O)^n$ ([5]). Le premier est un gaz; il joue le rôle principal; il sera seul envisagé ici.

2. La molécule d'*hydrol* est très réactionnelle, comme tout corps à l'état naissant; elle est capable de donner des combinaisons chimiques avec les substances de nature acide et basique.

3. La molécule d'hydrol jouit de la propriété de *se tautomériser* tout comme l'acétone, l'isatine, l'éther acétylacétique, etc. : suivant le milieu,

---

([1]) Ce théorème conduit à admettre que *tout rayon lumineux sera une extrémale de longueur nulle de l'espace-temps* (III').

([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1892.

([3]) *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, t. 23, 1909, p. 119; t. 26, 1912, p. 145; *Revue générale des matières colorantes*, décembre 1921 à juin 1922.

([4]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 109. — Voir aussi : A. KLING, *La Tautomérie* (*Revue générale des Sciences*, 1907).

([5]) On connaît à l'appui de cette conception des arguments très sérieux, entre autres les travaux de Ramsay et Young sur la tension superficielle.

basique ou acide, la matière de la molécule prend un arrangement défini différent.

4. Une solution aqueuse est un composé liquide résultant de la réaction de l'hydrol avec certaines molécules. La caractéristique de cette combinaison est l'état de dissociation dans lequel elle se trouve.

5. La combinaison entre l'hydrol et le corps « soluble » n'est stable que lorsque le coefficient de dissociation est inférieur à celui du dihydrol.

6. Des solutions à même pression osmotique contiennent, non le même nombre de molécules dissoutes, mais *le même nombre de molécules d'hydrol.* C'est ce *gaz* qui, en solution, suit les lois des gaz.

7. Toute molécule dissoute voyage dans une atmosphère gazeuse, dont les molécules la bombardent inégalement et l'empêchent d'obéir aux lois de la pesanteur. La cause du mouvement thermique des molécules d'hydrol doit être cherchée dans la présence de « particules atomiques » (¹) abandonnant leur mouvement électrique.

8. Le sol est un milieu hétérogène comme la solution, d'une hétérogénéité plus grossière (apparition du phénomène de Tyndall); les micelles sont tenues en suspension par le même mécanisme que les molécules invisibles des solutions. L'atmosphère gazeuse devient incapable de soutenir des micelles trop gros ou trop lourds pour l'intensité de l'agitation : cette intensité varie avec la nature chimique du micelle et de la solution.

9. Un sol contient le corps dispersé sous plusieurs états : la molécule exempte de solvant donne la « molécule dissoute » par combinaison chimique avec un petit nombre de molécules d'eau; *le micelle se forme par combinaison chimique d'un assez grand nombre de molécules d'eau à la molécule dissoute. Celle-ci peut, par un phénomène inverse, se décomposer par perte d'eau, ce qui donne lieu au phénomène de cristallisation.*

10. Ces conceptions m'ont permis d'expliquer, très simplement, la floculation des solutions et des sols par les électrolytes et la protection ou la floculation des sols par d'autres sols, la formation des émulsions et une application de ces phénomènes : l'action détersive du savon.

11. J'ai appliqué ces notions dans mes recherches sur l'électricité, l'électrolyse et les électrolytes (¹).

(¹) *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, t. 24, 1910, p. 125; *Revue générale des Matières colorantes*, 1923.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du spectre d'absorption des sols de sulfure d'arsenic.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons étudié le spectre d'absorption des sols de sulfure d'arsenic au moyen du spectrophotomètre de Féry. Dans cet appareil, le déplacement du prisme absorbant qui compense l'absorption du milieu étudié pour une radiation déterminée λ donne $\text{Log}\,\frac{I_0}{I}$, I_0 désignant l'intensité initiale du faisceau incident pour la radiation λ et I l'intensité de ce faisceau après qu'il a traversé le milieu absorbant.

Si les sols de sulfure d'arsenic se comportaient comme des milieux troubles, constitués par des particules sans couleur propre en suspension dans l'eau :

1° Dans le cas où les particules en suspension auraient des dimensions petites vis-à-vis des longueurs d'ondes lumineuses, $\text{Log}\,\frac{I_0}{I}$ varierait en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde (loi de Lord Rayleigh).

2° Dans le cas de particules plus grosses, $\text{Log}\,\frac{I_0}{I}$ varierait en raison inverse d'une puissance n de la longueur d'onde [1], n étant inférieur à 4 et d'autant plus petit que les particules sont plus grosses.

Pour comparer la loi d'absorption des sols de sulfure d'arsenic en fonction de la longueur d'onde avec les lois précédentes, nous avons représenté en fonction de $\log \lambda$ les valeurs expérimentales correspondantes de $\log\left[\text{Log}\,\frac{I_0}{I}\right]$.

La courbe d'absorption pour une solution à $6^g,2$ par litre (préparée ne faisant passer un courant rapide d'hydrogène sulfuré dans une solution d'anhydride arsénieux à 5^g par litre) ne suit aucune des lois précédentes. Si l'on essaie de calculer la valeur de n qu'il conviendrait d'introduire dans une relation de la forme

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{K}{\lambda^n}}$$

pour représenter les résultats, on trouve des valeurs qui croissent réguliè-

(1) A. Boutaric, *Thèse*, Paris, 1918, p. 83 et suiv.

rement du rouge au violet, depuis $n = 3,3$ pour $\lambda = 640^{m\mu}$ jusqu'à $n = 12$ pour $\lambda = 530^{m\mu}$, en prenant la valeur $n = 4$ pour une longueur d'onde voisine de $620^{m\mu}$.

Si l'on trace la courbe $I = f(\lambda)$ satisfaisant à l'équation de Lord Rayleigh et passant par le point de la courbe d'absorption expérimentale relatif à $\lambda = 620^{m\mu}$, on constate que, de part et d'autre de ce point, la courbe expérimentale est *en dessous* de la courbe théorique. L'absorption d'un sol de sulfure d'arsenic apparaît comme pouvant être la résultante de deux phénomènes :

1° Une absorption par diffusion qui, si elle existait seule, donnerait une courbe obéissant à la loi de Lord Rayleigh.

2° Une absorption sélective, de part et d'autre d'une radiation d'environ $620^{m\mu}$. Cette absorption sélective pourrait se produire lors de la réflexion des rayons incidents à la surface des granules; elle devrait varier dans le même sens que la surface totale de ces granules et, en particulier, diminuer lorsque, le poids total de ceux-ci demeurant constant, leur nombre diminue par suite d'un grossissement.

L'absorption par diffusion suivant la loi de lord Rayleigh varie comme NV^2, N désignant le nombre des particules et V leur volume; si ces particules grossissent, l'absorption augmente.

Toute modification qui produit un grossissement des granules dans le sol de sulfure d'arsenic doit augmenter l'absorption tenant au phénomène de Lord Rayleigh et diminuer l'absorption sélective. C'est ce que nous ont permis de vérifier les mesures faites sur des sols dans lesquels nous provoquions le mûrissement des granules par une ébullition prolongée, le volume du sol demeurant invariable. Au fur et à mesure que le mûrissement progresse, les courbes d'absorption expérimentale se rapprochent des courbes théoriques satisfaisant à des équations de la forme $\text{Log}\,\frac{I}{I_0} = -\frac{K}{\lambda^n}$, où n diminue depuis la valeur 4 (5 heures d'ébullition) jusqu'à la valeur 3,1 (22 heures d'ébullition). A l'œil nu, on s'aperçoit nettement que l'ébullition fait virer au blanc la teinte des sols.

On observe une variation de la courbe d'absorption dans le même sens, mais beaucoup plus accentuée, lors des transformations qui, dans le sol, précèdent la floculation. Les courbes représentant $\log\left[\text{Log}\,\frac{I_0}{I}\right]$ en fonction de $\log\lambda$ deviennent des droites dont le coefficient angulaire diminue bien au-dessous de 4 au fur et à mesure que les particules grossissent et qu'on

s'approche de la floculation. Dans une floculation par KCl d'une durée de 70 minutes environ, ce coefficient angulaire a atteint la valeur 2 peu avant la floculation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'électrodiffusion (Migration des ions).* Note de M. **Alfred Gillet**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai coulé une solution de Na^2SO^4 à 3 pour 100 contenant 10 pour 100 de gélatine, dans un récipient parallélépipédique rectangle (dimensions : $134^{mm} \times 57^{mm} \times 38^{mm}$). J'ai disposé dans le bloc de gelée ainsi constitué deux électrodes verticales planes de $57^{mm} \times 38^{mm}$, en toile métallique (Pt), de manière qu'elles occupent entièrement deux sections du solide, normales à sa longueur. J'ai fait passer dans ce dispositif un courant de 3,5 volts pendant 6 à 12 heures suivant les expériences. Durant ces temps, l'électrolyse avait décomposé de 0,0078 à 0,0085 équivalents-grammes électrochimiques.

Immédiatement après l'expérience, le bloc de gelée était découpé en tranches suivant des sections parallèles aux électrodes, les divers constituants dosés, les courbes de concentration équivalente étaient établies en fonction de la distance aux électrodes. Une expérience comparative de diffusion simple a été faite dans des conditions aussi identiques que possible aux précédentes, en remplaçant l'électrode par une surface de contact avec une gelée où les concentrations des divers constituants se rapprochent de celles qu'on trouve aux électrodes après l'électrolyse.

D'une étude des courbes ainsi obtenues, dont le détail paraîtra dans un autre recueil, il s'est dégagé des constatations vraiment inattendues.

Dans une gelée de gélatine, les choses se passent :

1. *Comme si le cation seul transportait le courant.*

En effet : *a*. Les courbes de concentration de NaOH libre à la cathode et du Na total à l'anode sont de même allure que les courbes de diffusion simple correspondante; les courbes de concentration de H^2SO^4 libre à l'anode et de SO^4 total à la cathode diffèrent profondément de courbes de diffusion. Les premières montrent que les atomes de Na quittent l'anode « comme une troupe en rangs serrés », et viennent tous « défiler » à la cathode, pour se disperser ensuite par diffusion. Tandis que les radicaux SO^4 semblent « prendre leurs distances » à partir de la cathode, sans que les derniers rangs s'en éloignent, et, « serrer leurs rangs » contre l'anode, sans venir prendre contact avec elle.

b. La vitesse des cations varie énormément avec la densité du courant, alors que celle des anions n'en paraît pas dépendre : Un corollaire de ce fait est que les « nombres de transports » (que l'on peut déduire aisément de nos résultats) varient beaucoup : de 0,393 à 0,167 pour SO^4, par exemple, pour des densités variant du simple au double [1].

2. *Comme si l'électrodiffusion vers l'anode était une « anaphorèse moléculaire » entraînant non seulement* SO^4, *mais toutes les molécules d'électrolyte, y compris* NaOH.

En effet : *a*. La courbe de diffusion de NaOH à la cathode s'allonge dans la direction de l'anode, marquant un entraînement de NaOH vers celle-ci.

b. Nous avons signalé plus haut l'allure toute spéciale du courant anionique. On trouve de plus que la teneur globale en SO^4 de la zone alcaline cathodique est constamment égale à celle de la zone qui serait atteinte par la diffusion simple sans courant du NaOH libéré, et égale à la teneur globale en SO^4 de la zone acide anodique.

c. Ce courant tend vers l'établissement d'une sorte d'équilibre : en chaque point de la zone anodique, le courant anionique semble arrêté quand une molécule de Na^2SO^4 disparue a été remplacée par deux molécules de H^2SO^4. Le même arrêt se produit à la cathode quand à l'arrivée de trois molécules de Na OH correspond le départ d'une molécule de Na^2SO^4. La cause de cet équilibre nous échappe encore en partie.

Dans la gelée de gélatine les phénomènes secondaires sont nombreux pendant l'électrolyse [2]. Nous avons pu mesurer l'osmose électrique résultante vers la cathode, par une expérience quantitative spéciale. Quoiqu'elle soit appréciable [3], on n'altère pas, en en tenant compte, l'ensemble des conclusions exposées. Les phénomènes d'adsorption éventuelle, les effets du caractère ampholère de la gélatine et de la grande viscosité du milieu [4] sont évidemment impliqués dans nos résultats. La ques-

---

(1) A.-L. Fergusson et W. G. France ont signalé dernièrement de grandes variations du nombre de transport dans un milieu analogue, *avec la concentration en gélatine* (*Journal of the American Chemical Society*, t. 43, 1921, p. 2161).

(2) Voir notamment Mlle F. Choucroun, *Thèse*, Paris 1923.

(3) J'ai pu observer dans toutes mes expériences les phénomènes de gonflement et de contraction signalés dernièrement par M. F. Michaud : *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1217.

(4) Les coefficients de diffusion dans l'eau pure sont diminués de 25 pour 100 par la présence de 10 pour 100 de gélatine. Voir W. Stiles, *Biochemical Journal*, t. 15, 1921, p. 629.

tion se pose de savoir si certains des faits que nous avons pu dégager ne sont pas la cause de plus d'un des phénomènes antérieurement connus, plutôt que d'en être l'effet. Pour s'en rendre compte, et voir si ces observations peuvent être généralisées à d'autres milieux, il est nécessaire de poursuivre de nombreuses expériences, en utilisant des milieux différents.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage électrolytique de l'antimoine.* Note de M. A. LASSIEUR, présentée par M. A. Haller.

Les formes de dosage de l'antimoine sont peu nombreuses. La meilleure jusqu'ici est celle qui consiste à peser le sulfure précipité par l'hydrogène sulfuré, mais l'opération est longue et difficilement applicable à des dosages effectués en série. La précipitation par l'acide phénylthiohydantoïque ([1]) qui conduit à un bon dosage, n'est malheureusement pas convenable comme forme de séparation, spécialement d'avec l'étain. Le dosage électrolytique en milieu de sulfure de sodium serait fort intéressant, tant à cause de sa rapidité que de sa simplicité, si les résultats n'étaient pas systématiquement trop élevés. De nombreux auteurs ont étudié la question, F. Henz, notamment ([2]), a montré que l'erreur était sensiblement constante et égale à 1,6 pour 100 en excès. Cette surcharge a été attribuée à la présence de soufre et d'oxygène dans le dépôt et aussi à l'inclusion d'eau mère dans l'antimoine. On a cru que l'usage d'une cathode de platine polie conduisait à de bons résultats, puis le fait a été démenti et le résultat est le même que la cathode soit polie ou mate.

Il paraît peu probable, *a priori*, que la surcharge soit due à l'oxygène comme il a été dit, car en cathode, la fixation de gaz qui pourrait se produire, serait celle d'hydrogène et non d'oxygène. En second lieu, l'inclusion d'eau mère me paraît douteuse, le cas ne se produisant jamais, à ma connaissance.

Eu égard à l'intérêt de la question, j'ai cru utile de reprendre les expériences faites et d'essayer d'améliorer le dosage.

J'ai préparé une solution titrée d'antimoine à partir de sulfure précipité, que j'ai purifié, et dissous dans l'acide chlorhydrique. Le titre a été fixé par pesée du sulfure. J'ai eu quelques mécomptes en utilisant une liqueur titrée d'émétique, ce corps renfermant du plomb en quantité appréciable, dont la présence fausse les résultats.

([1]) M. et Mme A. LASSIEUR, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1221.
([2]) *Zeit. für anorg. Chem.*, 1903, p. 31.

J'ai tout d'abord vérifié que l'antimoine déposé au sein d'une solution renfermant du sulfure de sodium et du cyanure de potassium présente toujours un poids trop élevé. Le fait est bien certain, et en outre la mauvaise adhérence du dépôt ne permet pas de faire porter l'analyse sur plus de $0^g,2$ d'antimoine; exceptionnellement j'ai pu peser $0^g,340$ d'antimoine, mais la manipulation de la cathode et sa pesée exigent des soins spéciaux, pour éviter une perte, produite par le moindre frottement.

La liqueur d'électrolyse renferme 80^{cm^3} de solution de sulfure de sodium $D = 1,14$ et 5^g de cyanure de potassium pour un volume total de 100^{cm^3}. Les opérations sont exécutées avec l'appareil Kling et Lassieur à électrode tournante.

Intensité du courant, 1,5 ampère; volts (anode-cathode), 1,5; durée 35 minutes.

Antimoine.

Pesée.	Théorie.
$0^g,1355$	$0^g,1342$
0,1702	0,1677
0,340	0,3355

La surcharge observée peut être due à la formation d'un hydrure d'antimoine et il semble qu'on pourrait l'éviter en réglant le potentiel de la cathode à une valeur telle que l'hydrogène ne se dégage pas. Ce résultat n'a pu être atteint, la fin du dépôt d'antimoine s'accompagnant d'un léger dégagement de gaz suffisant pour fausser les résultats. J'ai obtenu dans deux essais :

Antimoine pesé : $0^g,1689$ et $0^g,1725$, le nombre théorique étant $0^g,1677$.

J'ai pensé pouvoir améliorer les résultats en déposant l'antimoine sur une cathode préalablement recouverte de mercure par voie galvanique. L'emploi de mercure peut présenter un double avantage :

1° Par la formation d'amalgame avec l'antimoine il peut favoriser l'adhérence du dépôt.

2° Il peut supprimer la surcharge en évitant le dégagement d'hydrogène. On sait, en effet, que l'hydrogène ne se dégage sur le mercure qu'à une tension beaucoup plus forte que sur le platine (0,78 volt en solution sulfurique N).

L'expérience a confirmé ces vues.

La cathode employée est en toile de platine et recouverte de $0^g,2$ de mercure environ. Il est utile de contrôler la différence de potentiel : anode-cathode, pour éviter le dégagement d'hydrogène. La valeur de cette tension est fonction de l'appareil employé. En opérant au sein du milieu indiqué plus haut, j'ai obtenu les résultats suivants :

Intensité du courant: début 5 ampères, fin 0,2 ampère. Durée : 45 minutes.

Antimoine.

Pesé.	Théorie.
0,3345	0,3355
0,3355	0,3355
0,668	0,670
0,167	0,167

Le dépôt est d'un beau gris, parfaitement adhérent. On peut le sécher à l'étuve à 100° sans crainte de volatiliser du mercure.

Certains essais ont été faits sans contrôler le potentiel anode-cathode, et en laissant se produire un vif dégagement d'hydrogène, néanmoins le poids d'antimoine déposé est correct. Le dépôt est noirâtre et son adhérence n'est pas satisfaisante, bien que sa pesée soit possible; frotté avec le doigt il se sépare assez facilement de la cathode. Il y a donc nécessité de limiter le potentiel de la cathode à une valeur convenable, qui avec notre appareil est de l'ordre de 1,3 volt.

Il est néanmoins intéressant de noter qu'avec la cathode recouverte de mercure on n'observe pas la surcharge toujours obtenue avec la cathode de platine. Il est à supposer que le platine joue le rôle d'un catalyseur hydrogénant et qu'il favorise la production d'hydrure d'antimoine, alors que le mercure est dépourvu de cette propriété.

Eu résumé, le dépôt d'antimoine sur cathode recouverte de mercure et en limitant convenablement la différence de potentiel anode-cathode constitue un procédé excellent de dosage de l'antimoine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation sulfochromique des carbures aromatiques et la conception actuelle du graphite.* Note [1] de M. **L.-J. Simon**.

I. L'application aux hydrocarbures et, en particulier, aux hydrocarbures aromatiques de la technique d'oxydation par le bichromate d'argent et, parallèlement, par l'anhydride chromique, conduit aux résultats suivants :

---

[1] Séance du 16 juillet 1923.

Carbure.	Formule brute.	C pour 100 calculé.	C pour 100 trouvé par $C^2O^7Ag^2$.	C pour 100 trouvé par CrO^3.	Déficit d'oxydation par CrO^3.
Benzène	C^6H^6	92,3	91,4	75,3	1,1
Toluène	C^7H^8	91,3	89,3	75,17	1,23
o-Xylène	C^8H^{10}	90,56	89,1	75,21	1,35
Naphtalène	$C^{10}H^8$	93,75	93,7	69,8	2,55
Diphényle	$C^{12}H^{10}$	93,5	93,45	81,5	1,54
Acénaphtène	$C^{12}H^{10}$	93,5	93,6	87,1	0,82
Fluorène	$C^{13}H^{10}$	93,97	93,24	81,67	1,70
Diphénylméthane	$C^{13}H^{12}$	92,85	93,14	79,36	1,88
Anthracène	$C^{14}H^{10}$	94,38	93,90	88,4	0,89
Phénanthrène	$C^{14}H^{10}$	94,38	93,95	77,93	2,44
Diméthylanthracène	$C^{16}H^{14}$	93,2	92,6	87,8	0,93
Chrysène	$C^{18}H^{12}$	94,73	94,55	86,9	1,50
Cyclohexène	C^6H^{10}	87,8	85,8	79,4	"
p-Méthylcyclohexène	C^7H^{12}	87,5	83,1	72,75	"
Cyclohexane	C^6H^{12}	85,7	80,8	74,25	"
Méthylcyclohexane	C^7H^{14}	85,7	83,1	67,9	"
o-Diméthylcyclohexane	C^8H^{16}	85,7	81,3	61,9	"
Hexane	C^6H^{14}	83,72	54,75	45,6	"

De l'examen de ce Tableau il résulte que :

1° Sauf pour les carbures les plus volatils, dont la combustion est difficile à modérer, l'oxydation par le bichromate d'argent sulfurique fournit pour le carbone *des carbures aromatiques* des valeurs exactes.

2° L'oxydation par *l'anhydride chromique* effectuée dans les conditions déjà précisées fournit des valeurs toujours déficitaires; le déficit est en rapport avec la structure; il n'est pas le même pour deux carbures isomères (diphényle et acénaphtène, anthracène et phénanthrène). La valeur de l'expression $n\frac{C-c}{C}$ dans laquelle n est le nombre d'atomes de carbone de la molécule, C la valeur théorique et c la valeur observée pour le carbone, varie dans des limites assez étroites — 1 à 1,5 — sauf pour le naphtalène et le phénanthrène — 2,5 environ.

3° L'oxydation par le bichromate d'argent des carbures autres que les carbures aromatiques ne conduit plus à la valeur théorique et l'écart croît à mesure qu'on envisage des types de combinaisons qui se rapprochent des carbures acycliques saturés. *Les carbures aromatiques se distinguent donc*

nettement des autres au point de vue de l'oxydation par le bichromate d'argent.

II. Nous avons vu récemment [1] que le graphite soumis à l'action du même oxydant était complètement gazéifié et s'écartait à cet égard du diamant et d'un certain nombre de charbons artificiels et naturels. Voici les résultats numériques :

	Poids employé.	Cendres pour 100.	Carbone pour 100 trouvé.
Diamant (boort)	0,0850	»	0
Graphite pur	0,0871	0	100,1
Charbon de sucre	0,1038	1,4	3,8
Charbon de bois ordinaire	0,1012	»	5,9
Charbon de bourdaine	0,1031	1,5	1,5
Charbon de cornue I	0,1506	1,84	6
» II	0,0916	0,36	6,1
Coke	0,1014	10,22	4
Anthracite anglais	0,1053	1,45	3,8
» belge	0,1514	2,15	4,1
Coke naturel (Decazeville)	0,1033	4,8	2

Cette allure du graphite rapprochée de celle des carbures aromatiques est d'accord avec les vues de Debye et Scherrer d'après lesquelles le carbone graphite serait le prototype des composés aromatiques, l'une des quatre valences du carbone étant nettement différente des trois autres dans le graphite comme dans les atomes de carbone des noyaux aromatiques. Les idées modernes appuyées sur l'expérience directe conduisent à considérer dans le graphite une répartition en noyaux hexagonaux qui ont les mêmes dimensions que les noyaux hexagonaux que l'on a mis en évidence dans les composés aromatiques.

On peut être tenté d'aller plus loin encore en considérant le déficit d'oxydation du graphite par l'anhydride chromique. Sur les différents échantillons étudiés (*loc. cit.*), les valeurs de ce déficit gravitent très régulièrement autour d'une valeur moyenne 0,33, c'est-à-dire un tiers. *D'après cela il est possible d'oxyder le graphite par tiers;* ce qui est encore parfaitement d'accord avec une répartition hexagonale des atomes de carbone. On peut même concevoir une telle répartition dans laquelle deux atomes seraient en quelque manière distincts des autres.

Expérimentalement, nous nous sommes assurés que ces atomes qui ne sont pas gazéifiés sont en tout cas solubilisés; car il n'y a aucun résidu insoluble à quelques millièmes près. Nous avons cherché, sans le trouver, l'acide

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1409 et 1411.

acétique qui pouvait être le terme de la combustion sulfochromique : cette question reste ouverte.

La composition $C^{12}H^6O^8$ qui résulte pour l'oxyde graphitique des recherches récentes de Kohlschutter est en accord avec ce qui précède et il serait intéressant de soumettre cet oxyde à l'action des mélanges sulfochromiques.

On peut, en tout cas dès maintenant, conclure que contrairement à des opinions récentes il y a entre le graphite et certaines variétés de *carbone noir* une démarcation expérimentale qu'il est assez naturel d'attribuer à une différence de constitution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dosage des alcools facilement déshydratables dans les huiles essentielles.* Note [1] de M. **L. S. Glichitch**, transmise par M. P. Sabatier.

Les alcools libres dans les huiles essentielles sont dosés généralement par acétylation au moyen de l'anhydride acétique et titrage des éthers ainsi créés. Cette méthode s'applique aux alcools qui se laissent acétyler quantitativement (géraniol, citronellol, menthol, bornéol, isobornéol, santalol, etc.), mais on ne pouvait pas doser exactement les alcools de nature tertiaire, qui sont déshydratés en partie par l'ébullition avec l'anhydride acétique, Ainsi le linalol et le terpinéol n'accusent, à l'état pur, que 75 à 85 pour 100 d'alcool par cette méthode.

Pour doser intégralement les alcools fragiles, diverses méthodes ont été proposées, notamment par Duyk, Verley et Bölsinq, Schryver, Tchougaëff, mais la méthode adoptée, presque exclusivement à l'heure actuelle, est celle de M. V. Boulez [2], perfectionnée par MM. Schimmel et Cie [3], qui consiste à acétyler l'alcool dilué au préalable dans un solvant indifférent. On retrouve ainsi 99,8 pour 100 de terpinéol et au maximum 91 pour 100 de linalol mis en dosage.

Nous avons dosé le linalol plus exactement en l'éthérifiant à froid par l'anhydride mixte acéto-formique qui donne exclusivement le formiate ainsi que l'a démontré M. Béhal [4]. L'action complexe, signalée par ce savant, n'a pas lieu si l'on supprime toute chauffe du linalol en milieu acide,

---

(1) Séance du 16 juillet 1923.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 1, 1907, p. 117.

(3) *Bull. Sem. Schimmel*, avril 1907, p. 123.

(4) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 23, 1900, p. 745.

et nous n'avons noté qu'une isomérisation très faible en formiates de géranyle et de terpényle, d'ailleurs sans influence sur les résultats analytiques. D'autre part, les carbures incomplets, éventuellement présents, ne peuvent pas s'éthérifier par addition dans les conditions de durée et de température où l'on opère, et en l'absence de toute trace d'acide minéral.

Nous préparons le mélange formylant, suivant M. Béhal, en versant 1 partie d'acide formique ($\partial_{20} = 1,22$) dans 2 parties d'anhydride acétique 100 pour 100, exempt de chlore, en maintenant la température au-dessous de $+15°$, puis nous chauffons progressivement à 50° et refroidissons brusquement à ce moment.

15^{cm^3} de ce mélange sont disposés dans un flacon de 30^{cm^3}, puis on y verse 10^{cm^3} de linalol ou d'essence à analyser, on agite, bouche bien et plonge aussitôt le flacon dans de l'eau glacée. On le laisse revenir lentement à la température ordinaire et on l'abandonne au repos pendant 72-96 heures à 20°.

Un excès plus fort de réactif ou une réaction plus prolongée n'amènent aucun changement dans les résultats. Une quantité inférieure de mélange formylant est insuffisante pour le linalol pur.

Au bout de 72-96 heures, les anhydrides en excès sont hydratés par digestion avec 50^{cm^3} d'eau, pendant 2 heures, à froid ; puis on lave l'huile à l'eau, au bicarbonate de soude à 5 pour 100 et enfin deux fois à l'eau. On sèche sur du sulfate de soude anhydre et saponifie comme d'habitude, en prolongeant toutefois l'ébullition 1 heure et demie afin de saponifier intégralement les petites quantités d'éther terpénylique formé par isomérisation. On déduit la teneur en alcool au moyen de la formule connue, de MM. Schimmel et C[ie] : $A \text{ pour } 100 = \frac{n.M}{10[p - 0,028\,n]}$ où n représente le nombre de centimètres cubes de KOH normale ayant saponifié p grammes de produit formylé et M le poids moléculaire de l'alcool dosé.

Le linalol qui a servi à nos essais a été préparé par fractionnements répétés de l'essence de bois de rose et possédait les constantes :

$PE_2 = 63°,0\text{-}63°,5$; $PE_{10} = 82°,3\text{-}82°,6$ (colonne Hg dans la vapeur) ; $d_{21°} = 0,8630$;
$\alpha_D\, 18° = -17°30'$; $n_D\, 24° = 1,4605$; soluble à 18°C. dans 14^{vol} d'alcool à 50° G. L.

En le dosant successivement par acétylation ordinaire, par l'acétylation de 7 heures en solution à 20 pour 100 dans le xylène, et enfin par formylation, nous avons obtenu les résultats suivants :

	Acétylation ordinaire.	Acétylation xylénique.	Formylation 24h.	48h.	72h.	96h.
Indice d'éther......	180,5	61,6	249,53	279,2	305,5	305,9
Linalol pour 100....	57,41	88,80	78,40	89,23	99,15	99,31

La même méthode, appliquée à diverses essences dont les alcools libres sont constitués en majeure partie du linalol, nous a fourni des teneurs supérieures à celles que donnent les méthodes utilisées jusqu'ici, l'écart étant sensiblement proportionnel à celui constaté dans le cas du linalol pur.

Ainsi, une essence de bois de rose possédant un indice d'éther propre de 3,5, soit 0,97 pour 100 d'alcool $C^{10}H^{18}O$ combiné, accuse, par les trois méthodes indiquées plus haut, les teneurs suivantes :

		Acétylation ordinaire.	Acétylation xylénique.	Formylation 96h.
Indice d'éther....................		175,0	55,3	284,9
Alcool $C^{10}H^{18}O$ pour 100	libre...	54,28	78,32	90,24
	total...	55,25	79,29	91,20

Pour calculer les teneurs en alcools libres et totaux en tenant compte des éthers préexistant dans les essences avant l'éthérification analytique, nous avons établi les formules générales suivantes :

$$\text{Alcool libre dans l'essence initiale pour 100} = \frac{M(n'-n)}{10(p-bn')},$$

$$\text{Alcool total} \quad » \quad = \frac{p-bn}{p-bn'} \times \frac{n'M}{10p},$$

M étant le poids moléculaire de l'alcool dosé; n = nombre de centimètres cubes de KOH normale nécessaire pour saponifier p grammes d'essence initiale; n' = nombre de centimètres cubes de KOH normale nécessaire pour saponifier p grammes d'essence éthérifiée, et b étant le facteur correspondant à l'acide éthérificateur, égal à $\frac{\text{R.COOH}-18}{1000}$, soit 0,0042 pour l'acide acétique et 0,028 pour l'acide formique.

Nous exposerons à une autre place les calculs permettant l'établissement de ces formules plus directes ou plus exactes que celles actuellement admises.

Nous avons borné l'application de la méthode formique au dosage du linalol, les autres alcools pouvant être dosés plus rapidement par les méthodes d'acétylation usuelles. Cependant, on se servira utilement de la formylation dans les cas douteux et d'une manière générale pour doser tous les alcools facilement détruits à chaud en milieu acide.

MINÉRALOGIE. — *Sur la bavalite de Bas-Vallon.* Note de M. J. ORCEL.

Le nom de *bavalite* a été donné par Huot (1) à une substance dont le premier gisement a été décrit par Pouillon Boblaye (2) dans la forêt de Lorges, au lieu dit Bas-Vallon, à 8^km environ de Quintin près de la route de Pontivy. Cette substance servait à alimenter le haut fourneau du Pas. L'étude microscopique montre quelle n'est pas homogène (3) et qu'on doit la considérer comme une roche constituée par une chlorite en forme d'oolithes et par de la magnétite. Elle est d'un noir verdâtre ou bleuâtre, magnétique, attaquable par les acides sans effervescence, en laissant un résidu de silice. Il est préférable de réserver le nom de bavalite à la chlorite. Une analyse faite par Berthier (4) est certainement inexacte; elle indique une faible teneur en silice (13 pour 100) et une forte teneur en Fe^2O^3 (48,80 pour 100) et en FeO (23,40 pour 100) qui prouvent que la substance analysée renfermait beaucoup de magnétite. On doit la considérer comme l'analyse de la roche, et non comme une analyse de la bavalite.

J'ai étudié un échantillon exceptionnel de bavalite, recueilli par M. Kerforne au mur de la couche de minerai de Bas-Vallon dans une galerie qui suit la couche en direction, au niveau de 58^m.

Cet échantillon, d'une pureté remarquable, ne renferme pas de magnétite ni d'autres produits ferrugineux. Il est uniquement constitué par une chlorite compacte, très finement écailleuse, de densité 3,20, ressemblant beaucoup à certaines ripidolites des Alpes. Au microscope, on voit un agrégat de petites lamelles de dimensions semblables ne dépassant pas 0^mm,1. Leur biréfringence est un peu inférieure à celle du quartz. Plusieurs d'entre elles montrent les traces d'un clivage facile parallèles à n_g. Les lamelles presque éteintes sont très difficiles à étudier en lumière convergente à cause de leur petitesse; cependant je crois pouvoir affirmer que l'angle des axes est très faible, et que le minéral est optiquement négatif, ce qui est confirmé par l'allongement positif des lamelles perpendiculaires au clivage.

---

(1) HUOT, *Minéralogie*, 1841, p. 290.

(2) POUILLON BOBLAYE, *Essai sur la configuration et la constitution géologique de la Bretagne* (*Mém. Mus. Hist. nat.*, t. 15, 1827, p. 94).

(3) A. LACROIX, *Minéralogie de la France*, t. 1, p. 400.

(4) HUOT, *loc. cit.*

Ces lamelles sont nettement polychroïques : n_p = vert pâle un peu jaunâtre ; n_g et n_m = vert olive. C'est le polychroïsme de la pennine.

Le seul minéral étranger rencontré dans la lame mince étudiée consiste en quelques rares lamelles d'un mica. Le dosage des alcalis montre que cette impureté est négligeable.

L'analyse m'a conduit aux résultats suivants :

		Molécules.			
SiO^2	21,71	361,8	362,8	1,73	$= 2 \times 0,86$
TiO^2	0,08	1			
Al^2O^3	21,35	209,3		1	$= 1 \times 1,02$
Fe^2O^3	0,82	5,1		0,02	
FeO	43,01	597,5	659,2	3,14	$= 3 \times 1,04$
MnO	0,05	0,5			
MgO	2,33	58,2			
CaO	0,16	3			
Alcalis	0,35	4	565	2,74	$= 3 \times 0,91$
H^2O à 107°	0,11				
H^2O à 485°	9,03	501,6			
H^2O à 735°	1,07	59,4			
	100,07				

Cette composition est très voisine de la formule $2SiO^2, Al^2O^3, 3FeO, 3H^2O$, qui, interprétée dans la théorie de M. Vernadsky, correspond à un sel ferreux de l'acide $Al^2Si^2O(OH)^{12}$, le plus fréquent des deux acides d'où paraissent dériver les prochlorites ([1]). La bavalite est donc, dans la série des prochlorites le terme le plus ferreux et le plus pauvre en fer ferrique et en magnésie après la daphnite.

Pour le dosage de l'eau, la substance, placée dans une nacelle de platine, a été chauffée électriquement dans un tube de quartz parcouru par un courant d'air sec. Un couple thermo-électrique de M. Le Chatelier donnait à chaque instant la température de la nacelle. L'eau était recueillie dans des tubes à ponce sulfurique tarés.

J'ai ainsi constaté que le départ de l'eau s'effectue en deux fois, à 485° et à 735° C. La substance n'a pas dégagé d'eau entre 735° et 1200°.

Il est intéressant de comparer la composition de la bavalite à celle des chamosites de Windgällen (A), de Schmiedefeld (B et B'), et de Chrustenic (C) citée par Hintze ([2]). Malheureusement, les produits analysés n'étaient pas purs, et les résultats reproduits ci-après ont été calculés

([1]) J. Orcel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1231.

([2]) Hintze, *Handbuch der Mineralogie*, t. 2, p. 738.

après déduction de petites quantités de calcite, de magnétite ou d'ilménite.

	A.	B.	B'.	C.	Molécules.	Rapports moléculaires (1).
SiO^2	25,23	27	29	25,60	426,6	$2,33 = 2 \times 1,16$
Al^2O^3	19,97	17	13	18,72	183	1,00
FeO	37,51	39	42	42,31	588	$3,50 = 3 \times 1,16$
MgO	4,39			2,13	53,2	
H^2O	12,90	13	10	11,24	624,4	$3,41 = 3 \times 1,13$
	100,00	100	100	100,00		

Ces analyses conduisent à une formule empirique très voisine de celle de la bavalite de Bas-Vallon. Mais avant de conclure à l'identité des deux espèces, il sera nécessaire d'effectuer des analyses de chamosite sur des échantillons aussi purs que celui de bavalite étudié ici.

LITHOLOGIE. — *Recherches sur la composition minéralogique de quelques marnes du Tertiaire d'Alsace.* Note de M. **Thiébaud**.

Nos recherches sur la composition minéralogique des marnes nous ont amené à étudier quelques-unes de ces roches provenant de l'Oligocène d'Alsace.

Celles-ci sont très semblables à première vue aux marnes irisées représentées ici par l'échantillon n° 5. Toutefois l'une d'elles (n° 4), prélevée à la base des niveaux de sylvinite de Mulhouse, entre deux petits bancs de sel, s'en distingue par sa teneur très appréciable en hydrocarbures que leur odeur suffit à déceler.

L'acide chlorhydrique trés étendu agit lentement à froid sur toutes ces roches en donnant un fort dégagement d'acide carbonique. Les liqueurs ainsi obtenues renferment une forte proportion de chlorure de calcium, du chlorure de magnésium et de faibles quantités de chlorure d'aluminium et de fer avec un peu de silice. Ces derniers éléments proviennent d'une légère attaque de la partie argileuse.

En nous basant sur ce fait, nous avons établi de la façon suivante la proportion des carbonates :

(1) Le calcul des rapports moléculaires a été fait sur les résultats de l'analyse C.

	Marne verte de Pechelbronn. N° 1.	Marne verte de Bremmelsbach. N° 2.	Marne rouge de Bremmelsbach. N° 3.	Marne grise de Mulhouse. N° 4.	Marne calcaire blanche de Laneuveville devant Bayn. N° 5.
Ca O......	10,58	10,88	11,54	7,99	33,77
Mg O.....	3,31	3,50	3,33	1,60	1,76
CO^2......	11,21	11,64	12,84	7,70 (calculé)	28,86
Totaux..	25,10	26,02	27,77	17,29	64,39

Nos premiers essais sur la partie argileuse de ces marnes ont eu pour but d'y rechercher la présence d'argile et de silice hydratée. Comme nous l'avons signalé dans une Note antérieure (¹), ces corps sont peu à peu dissous par une lessive de soude à la température ordinaire, et les variétés d'argile les plus rebelles à ce genre d'attaque abandonnent ainsi 5 à 6 pour 100 de leur poids, lors de chaque opération. Comme avec les marnes irisées, le rapport de la silice à l'alumine va en diminuant (et non en augmentant, comme il a été dit par erreur dans la Note précédemment citée) et tend vers le chiffre quatre sans que la quantité d'alumine solubilisée augmente d'une façon importante.

Voici les résultats de ces premières recherches sur la partie argileuse des marnes d'Alsace :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Première attaque (une demi-heure à 55°).				
Poids dissous...	0,0268	0,0113	0,0120	0,0200
Pour 100 dissous.	2,71	1,28	1,72	1,20
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$...	10,29	16,32	11,32	8,60
Deuxième attaque (2 heures à 55°).				
Poids dissous...	0,0211	0,0153	0,0504	0,0334
Pour 100 dissous.	2,14	1,74	4,56	2,00
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$...	3,82	3,61	3,79	3,87
Troisième attaque (2 heures à 55°).				
Poids dissous...	0,0225	0,0093	0,0219	0,0244
Pour 100 dissous.	2,28	1,06	1,98	1,46
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$...	4,01	3,75	3,62	4,50

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 447.

Nous négligerons la très faible quantité de silice libre dissoute lors des premiers essais, car elle provient très vraisemblablement d'une légère attaque de la partie argileuse lors de la préparation des échantillons par l'acide chlorhydrique étendu et nous conclurons à l'absence en proportion notable de silice hydratée libre et d'argile, ainsi qu'à l'existence probable d'un minéral renfermant, à peu de choses près, 4 molécules de silice pour une d'aluminium.

Suivant un processus déjà indiqué, chacun des résidus de ces premiers traitements a été soumis à plusieurs reprises à l'action de l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau jusqu'à évaporation complète à la température du bain-marie. Ils furent ensuite lavés à l'eau, puis avec une solution chaude de soude, afin de dissoudre toute la silice mise en liberté.

Dans ces conditions, nous avons obtenu les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
SiO^2	48,48	48,80	48,26	48,89	48,49
Al^2O^3	21,41	21,60	21,36	20,39	20,59
FeO	7,52	8,71	10,95	5,55	9,95
MnO	néant	néant	néant	0,21	0,07
CaO	néant	néant	néant	(1,15)	néant
MgO	5,49	5,28	4,10	4,83	7,23
K^2O	4,87	5,83	5,96	8,10	4,40
Na^2O	4,50	3,09	2,35	5,20	1,17
H^2O	7,72	6,67	7,02	5,62	8,18
Rapport moléculaire $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	3,85	3,84	3,84	4,07	4,00
» » $\frac{\text{Bases}}{Al^2O^3}$	1,74	1,72	1,70	1,76	1,92
» » $\frac{H^2O}{Al^2O^3}$	2,04	1,75	1,87	1,56	2,25

Les rapports moléculaires $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ sont très voisins de 4, chiffre admis précédemment pour la partie argileuse des marnes irisées.

Les rapports $\frac{\text{bases}}{Al^2O^3}$ varient entre 1,70 et 1,76 (et leur inverse entre 0,59 et 0,56). Nous avons supposé que dans l'échantillon provenant de Mulhouse, la chaux et la quantité correspondante de magnésie sont combinées sous forme de dolomie.

Les rapports $\frac{H^2O}{Al^2O^3}$, très délicats à définir par la méthode employée, sont voisins de 2, exception faite pour la roche n° 4, qui renferme une forte proportion d'hydrocarbures lourds. Les écarts entre les chiffres fournis par

l'analyse pour ces deux derniers rapports sont dus, suivant toute vraisemblance, à une faible attaque du mica blanc, que l'acide chlorhydrique détruit, suivant le processus de nos essais, dans la proportion de 30 pour 100 environ pour les éléments d'une dimension inférieure à 1 μ.

Le résidu de ces premières attaques a été traité par l'acide sulfurique étendu, évaporé jusqu'à siccité, puis, après des lavages à l'eau bouillante, par une solution de soude.

Dans les liqueurs obtenues, la magnésie et le fer n'existent qu'en faible quantité par rapport à la potasse; mais ici encore, l'alumine y est de beaucoup la base prédominante.

La teneur en eau de la substance est aussi plus faible et tous les rapports obtenus : silice-alumine, alumine-bases, alumine-eau, sont ceux qui donnent le *mica blanc*.

Il reste enfin un dernier résidu formé de quartz détritique.

Les marnes étudiées, comme celles du keuper lorrain, sont donc formées essentiellement de carbonates (calcite et accessoirement dolomite), d'un hydro-silico-aluminate de fer et de magnésie renfermant des métaux alcalins, de mica blanc et de quartz. Elles ne contiennent pas d'argile en proportion appréciable.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Évolution du relief karstique du Parmelan (Préalpes de Savoie).* Note de M. **A. Cholley**, présentée par M. R. Bourgeois.

Le *Parmelan* est la partie la plus typique d'un ensemble de plateaux calcaires formant la bordure des *Préalpes de Savoie* et qu'on pourrait qualifier de *Causses préalpins*. Les Lapiaz y sont développés surtout sur les voûtes anticlinales (*Frêtes, Téret, Parmelan*). Nous avons étudié en détail le *Parmelan*, établi une classification des formes et porté sur une carte détaillée leur extension. Il en résulte des conclusions nouvelles sur l'évolution du relief karstique. Nous pouvons ici fixer son âge en rapport avec les niveaux d'érosion normale et expliquer comment, après un développement rapide, il est arrivé à l'état actuel, caractérisé par une sorte de dégénérescence de ses formes spéciales.

I. *Le Lapiaz.* — On doit y distinguer quatre catégories de formes :

a. En bordure, un escarpement rocheux de 200 à 300^m, plus ou moins contenu.

b. A la surface du plateau, un réseau de crevasses disposé suivant deux directions : N 45 grades W-S 45 grades E, et N 125-140 grades W-S 125-140 grades E, en rapport évident avec le réseau de diaclases du calcaire urgonien. Toutefois, ces crevasses ne présentent pas un aspect uniforme. On distingue des *fissures* étroites (de $0^m,10$ à $0^m,50$) en moyenne peu profondes et peu longues et des *crevasses* proprement dites très larges (jusqu'à 25^m) et très longues (jusqu'à 300^m).

La section transversale de ces crevasses offre comme deux profils emboîtés : en haut, la section est large, avec des parois ruiniformes et un fond encombré de débris ; sous ces débris, s'ouvre une section inférieure étroite, pénétrant dans la profondeur du calcaire. Envisagées dans le sens longitudinal, les crevasses représentent une succession de puits ou d'entonnoirs réunis par des couloirs ; les entonnoirs sont le plus développés dans les crevasses les plus dégradées.

La direction des fissures est quelconque ; les crevasses suivent toujours les diaclases dont la direction se rapproche le plus de celle de la plus grande pente (topographique ou géologique). Les crevasses sont donc l'accident principal du Lapiaz ; les fissures semblent des détails.

c. Les *ciselures :* cannelures, rigoles, crêtes isolées, trous alignés, champignons, chaos de blocs, se développent principalement au centre du plateau. Elles sont rudimentaires ou atrophiées près des bords.

d. Des *formes dues à l'érosion fluviale :* bosses trapézoïdales de la bordure NW ; paliers, côtes et buttes témoins en miniature découpées dans les couches superposées du calcaire, au centre ; vallées anciennes très nettement dessinées à l'est du Chalet, au milieu du plateau, en bordure NE.

II. Une étude basée sur la répartition de ces formes et sur leurs rapports réciproques permet de décomposer l'évolution morphologique du *Parmelan* en trois phases :

1° La surface du Causse a été déblayée légèrement (20 à 50^m) par une érosion fluviale antérieure à toute érosion karstique. Elle peut se dater : l'altitude des fonds de vallée (1500-1550^m) coïncide avec celle de surfaces de maturité signalées au *Revard* par M. E. de Martonne [1] et que nous avons retrouvées dans le *Genevois*, à *Vaunessin*, aux *Sulens*, aux *Annes*, à *Cenyse ;* dans les *Bauges*, sur les flancs de la *Sambuy*, de l'*Arcalod*, au *Charbon ;* aux environs de *Megève* et de *Saint-Gervais ;* dans le *Chablais ;*

---

(1) E. DE MARTONNE, *Le rajeunissement quaternaire des Alpes* (*Actes du Xe Congrès international de Géographie*, Rome, 1913).

à des altitudes moyennes comprises entre 1400 et 1600^m. Ce sont les restes d'un cycle d'érosion fluviale dont les effets ont été généraux dans les *Préalpes de Savoie* et qui ne semble pas pouvoir être plus récent que le début du Pliocène supérieur.

2° Le développement de l'hydrographie souterraine et des formes karstiques principales s'est effectué au cours d'un cycle postérieur. Les orifices de sortie qui perforent la partie inférieure de la falaise, la mise en relief de l'escarpement correspondent à des surfaces d'érosion fluviale développées dans la montagne, sur le flanc des vallées, et sur les plateaux de l'avant-pays, à une altitude moyenne de 800-900^m; elles correspondent à un cycle de la fin du Pliocène (*cycle des Bornes*). Les formes karstiques créées : crevasses, avens, sont jeunes et simples. Le Karst du *Parmelan* est un Karst imparfait. Pour deux raisons : faible épaisseur de la couche calcaire (150-200^m), évolution épuisée en un seul cycle.

3° A peine constitué, le Karst jeune du *Parmelan* est tombé en ruines. Cette phase ruiniforme, commencée à la fin du Pliocène, s'achevant au Quaternaire, coïncide principalement avec l'époque glaciaire. On a noté déjà, dans ce travail de ruine, l'influence de la désagrégation mécanique, de l'érosion chimique, du ruissellement, de la végétation; la neige joue un rôle de premier ordre que l'on peut constater à chaque printemps : par un travail analogue à la « nivation » elle élargit les entonnoirs; par une fusion lente elle ciselle finement les dalles, elle alimente les rigoles et les fissures. Cette action nivale, restreinte aujourd'hui, a été beaucoup plus intense aux époques interglaciaires. Nous avons trouvé à *Disonche* les traces très nettes de vallums morainiques d'un glacier local du *Parmelan*. La surface karstique a été nettoyée à chaque période glaciaire de sa couche de terre protectrice ou des débris accumulés; sur le calcaire urgonien mis à nu, l'eau de fusion abondante a accentué le travail de ruine.

La ruine a été marquée par l'élargissement des crevasses et leur encombrement par les débris, par l'évasement des puits et des entonnoirs, par le développement des formes superficielles du Lapiaz : rigoles, fissures, ciselures. C'est l'association et l'évolution des deux formes : rigoles et fissures qui détermine les traits essentiels de la ruine du Karst : les diaclases s'élargissent petit à petit en fissures au passage des rigoles. Ainsi la couche calcaire est débitée en blocs de plus en plus petits ; à la fin les blocs s'écroulent et donnent des champs de pierres.

III. Les formes du calcaire sur les autres anticlinaux voisins sont apparentées à celles que nous venons de décrire. Les différences dans la

nature de la roche se traduisent surtout dans les ciselures superficielles. Les différences dans les formes karstiques proviennent bien plus de différences d'évolution : moins évoluées quand la surface karstique a été découverte à un cycle fluvial plus récent que celui du *Parmelan* (*Téret*), elles s'en rapprochent quand le cycle karstique a commencé à la même époque (*Frêtes*).

Ainsi il existe un rapport étroit entre les cycles karstiques et les cycles d'érosion fluviale dans les *Préalpes de Savoie*.

BOTANIQUE. — *Sur la prétendue formation de la chlorophylle à l'obscurité.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis une cinquantaine d'années, sur la foi d'expériences — sans doute mal faites, comme on le verra plus loin — de Kraus, les auteurs de certains ouvrages didactiques répètent que les plantes élevées à l'obscurité — étiolées, par conséquent — peuvent fabriquer un peu de chlorophylle à la condition que leur croissance soit gênée. Le botaniste allemand procédait de la façon suivante : il provoquait, à l'obscurité, la germination de diverses graines dans des récipients, puis, plaçant sur ceux-ci des bouchons, il voyait les plantules venir buter sur ces derniers et se recourber de diverses façons. Or, disait-il, aux endroits où les plantes étiolées forment des coudes ou des plis, il était facile de constater qu'il y avait des taches vertes, alors que tout le reste des végétaux était jaune, comme c'est l'habitude pour presque toutes les plantes élevées à l'obscurité. *A priori*, le fait est étrange et inexplicable; diverses observations plus ou moins fortuites m'ayant incité à avoir des doutes sur sa réalité, j'ai cherché, systématiquement, à le vérifier. J'ai employé, à peu de chose près, le même dispositif que Kraus, sauf que le récipient où se faisaient les germinations était oblitéré par un épais tampon de coton cardé, lequel a l'avantage de permettre l'accès de l'air dans la cavité du flacon et est bien préférable à un bouchon de liège qui peut avoir pour effet de provoquer des phénomènes d'asphyxie ou de respiration intramoléculaire. Les plantules grandissent — à l'obscurité totale bien entendu —, viennent buter sur le bouchon de coton, puis se replient de mille façons de manière, parfois, à remplir l'espace libre qui leur a été réservé. Or, malgré que j'eusse fait appel à toutes sortes de semences (je cite au hasard : Maïs, Chou, *Vicia*, Potiron, Belle-de-nuit, Asperge, Fève, Lupin, etc.), *jamais* les germinations

n'ont présenté traces de taches vertes ou même verdâtres; la teinte blanche des tiges et la teinte jaune des feuilles était d'une homogénéité parfaite.

On peut se demander, néanmoins, s'il n'y a là qu'une fausse apparence et si la teinte verte de la matière verte supposée n'est pas masqué par la teinte jaune de l'étioline. Or, par les solvants appropriés (acétone; alcool absolu; alcool dilué, puis benzine), on n'obtient jamais que des liquides parfaitement jaunes, sans trace de vert.

De ces constatations, je me crois en droit de conclure qu'*il est inexact de dire que les plantes étiolées peuvent fabriquer de la chlorophylle à l'obscurité* (1) *lorsque leur liberté de croissance est entravée.*

BOTANIQUE. — *Sur la formation d'un glucoside (saponarine) au sein des mitochondries.* Note (2) de M. **Jean Politis**, présentée par M. Molliard.

On sait qu'il se forme dans les tissus de diverses plantes des glucosides dont la signification physiologique est peu connue et dont l'origine est tout à fait obscure.

A ce sujet, nous avons commencé une étude dans le but d'essayer de résoudre la question du processus cytologique par lequel ces substances apparaissent dans les cellules des plantes. Malheureusement cette étude rencontre une grande difficulté. On ne connaît pas de réactions microchimiques propres à chacun des glucosides. De même, les réactions microchimiques dont on doit faire usage pour constater la présence de quelques glucosides dans les tissus végétaux sont des réactifs très forts, comme les réactifs sulfuriques, par lesquels les mitochondries sont facilement détruites. Pour atteindre notre but, il fallait donc trouver un réactif colorant approprié; après de nombreux essais j'ai reconnu que le réactif qui donne les

(1) Sauf, bien entendu, certaines espèces qui fabriquent *normalement* de la chlorophylle à l'obscurité, comme c'est le cas, par exemple, des plantules de Pins et de nombreuses Algues unicellulaires telles que les *Chlorella*, les *Stichococcus*, les *Scenedesmus*. Ces dernières sont, à cet égard, particulièrement remarquables puisque M. Dangeard, qui les cultive, à l'obscurité, depuis 1913, a constaté qu'elles continuent à vivre, bien que leur chlorophylle, depuis 10 ans, n'ait pu leur permettre d'assimiler le carbone du gaz carbonique. [P.-A. Dangeard, *Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne.* Chap. I : La culture des Algues (*Le Botaniste*, 14e série, fascicules 1 et 2, juin 1921, p. 80).]

(2) Séance du 16 juillet 1923.

résultats les plus satisfaisants est l'iodure de potassium iodé. Par ce réactif, comme on sait, la daphnine prend une teinte rose qui passe successivement à l'orange, au rouge carmin et enfin au rouge brun, et la saponarine prend une teinte violette qui ensuite devient bleue. Pour le moment je me suis limité à la recherche du mécanisme de la formation du dernier de ces deux glucosides. On sait que dans le suc d'un certain nombre de plantes on avait découvert, depuis longtemps, une substance dissoute, colorable en bleu par l'iode, à laquelle on avait donné par erreur le nom d'amidon soluble [1]. En 1902 Barger [2] a extrait cette substance du *Saponaria officinalis;* il a constaté que c'est un glucoside et lui a donné le nom de saponarine.

Nous avons récemment décelé la présence de ce glucoside dans les cellules de deux sous-arbrisseaux à feuilles persistantes qui croissent abondamment dans les environs d'Athènes. Ce sont le *Thymelœa hirsuta* Endl. et *Thymelœa Tartonraia* All, dans lesquels, jusqu'à présent, on n'avait pas constaté la présence de saponarine.

Mes recherches ont été effectuées sur des échantillons de ces plantes recueillis au mois de mars. En examinant des sections transversales de la tige ou des rameaux de *Thymelœa hirsuta* et *Thymelœa Tartonraia*, il est facile de distinguer le tissu cortical et les faisceaux libéro-ligneux. Dans l'écorce, le liber et les rayons libériens se rencontrent un grand nombre de cellules qui contiennent de la saponarine. Dans les jeunes cellules on peut voir que ce glucoside s'élabore au sein des mitochondries, et précisément par le même processus par lequel se forment les pigments anthocyaniques et les composés phénoliques incolores des jeunes feuilles de rosier, de noyer, des fleurs de *Melia Azedarach* L., etc. En effet, dans le cytoplasme de ces cellules on peut observer de nombreux chondriocontes allongés et flexueux qui renferment de la saponarine. A l'aide du microscope il est facile de mettre en évidence ce glucoside en introduisant sous la préparation observée une ou deux gouttes d'une solution d'iodure de potassium iodé. Par ce réactif les chondriocontes deviennent bleus et, par suite, bien visibles.

A un stade ultérieur, on voit ces chondriocontes s'épaissir légèrement et former chacun un renflement à ses deux extrémités. Ces renflements gros-

---

(1) I. Dufour, *Recherches sur l'amidon soluble* (Ext. du *Bull. de la Soc. vaud, d. Scienc. nat.*, vol. 21, 1886, n° 93).

(2) G. Barger, *Saponarin, ein neues, durch Jod blau gefärbtes Glykosid aus Saponaria* (*Ber. d. Deutschen chem. Ges.*, 1902).

sissent et finissent par s'isoler par rupture de la partie effilée qui les réunit. Les deux renflements une fois séparés se transforment en sphérules qui augmentent peu à peu de dimensions, puis s'introduisent dans les vacuoles formées dans la cellule où ils subsistent quelque temps pour se dissoudre finalement dans le suc vacuolaire. Les vacuoles apparaissent alors remplies d'un contenu coloré en bleu par l'iodure de potassium iodé, à cause de la saponarine dissoute dans le suc vacuolaire. Ce glucoside est donc le produit de l'activité des mitochondries et se forme exactement comme l'anthocyanine dans les plantes que nous avons rappelées.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'activité des phénomènes biologiques dans la tourbe.* Note de MM. **A. Demolon** et **P. Boischot**, présentée par M. Lindet.

On peut considérer qu'il existe une relation étroite entre la quantité de CO^2 produite dans le sol et l'activité biologique dont il est le siège (Hutchinson, 1912, Russel et Appleyard, 1915-1917). Nous avons appliqué cette méthode d'étude à la tourbe des vallées crayeuses de la Somme et de l'Aisne en opérant *in vitro* sur des échantillons fraîchement prélevés, placés dans des conditions uniformes de température (25°), de temps (30 heures), d'humidité (humidité naturelle 80 pour 100) et d'aération.

L'acide carbonique formé était entraîné par un courant d'air et absorbé au moyen de deux barboteurs consécutifs dans une solution KOH + ($BaCl^2$N : 10). L'alcalinité restante a été titrée directement par l'acide oxalique N : 10 en présence de phénolphtaléine.

La tourbe expérimentée se caractérise au point de vue chimique par une teneur élevée en azote, comprise entre 2, et 2,5 pour 100 de matière sèche; elle donne à l'incinération 10 à 12 pour 100 de cendres, constituées en majeure partie par du carbonate de chaux, avec des proportions très faibles d'acide phosphorique (0,19) et moindres encore de potasse (0,10). Ces tourbes nous ont donné par voie électrométrique des Ph compris entre 6,45 et 6,80, c'est-à-dire qu'elles sont légèrement acides malgré l'alcalinité bicarbonatée calcaire des eaux où elles ont pris naissance.

En effectuant des numérations microbiennes sur la tourbe superficielle, nous avons trouvé de 10000 à 25000 germes aérobies par gramme, représentés pour les $\frac{3}{4}$ par des moisissures. Ces chiffres sont considérablement inférieurs à ceux obtenus pour des sols ordinaires. La mesure du dégagement de CO^2 montre également que la tourbe à l'état naturel doit être considérée comme le siège de phénomènes biologiques ralentis. Cet état de choses n'est pas imputable uniquement à la réaction du milieu, dont l'ordre

de grandeur est compatible avec la vie microbienne de beaucoup d'espèces; il ne se modifie sensiblement ni par neutralisation ni par ensemencement direct au moyen de délayure de terre de jardin (Tableau I). Il convenait donc de rechercher la cause s'opposant au développement de l'activité microbienne dans un tel milieu.

I. — CO^2 *dégagé en centimètres cubes* KOH $\frac{N}{10}$. — 200g *tourbe.*

(T: 25°. — 30 heures.)

	Dans l'air ordinaire. Tourbe		Après neutralisation au bicarbonate de chaux. Tourbe		Après neutralisation par CaO. Tourbe		
Dans le vide.	non ensemencée.	ensemencée.	non ensemencée.	ensemencée.	non ensemencée.	ensemencée.	Tourbe chauffée 100°; 1/4 heure.
3,2...	11,7	12,8	13,00	13,9	14,0	14,8	38

En soumettant la tourbe superficielle à l'action de la chaleur, nous avons observé un phénomène identique à celui qui a été signalé dans la stérilisation partielle des sols : la production de CO^2 s'accroît considérablement, et corrélativement, les numérations montrent une active prolifération de la flore microbienne.

Comme l'indiquent les chiffres ci-dessous (Tableau II), cette activité croît jusqu'à 100°. Pour cette dernière température l'intensité du phénomène est identique à celle qu'on observe par une stérilisation effective à 120° (30 minutes) suivie de réensemencement par délayure de terre :

II. — CO^2 *dégagé en centimètres cubes* KOH $\frac{N}{10}$. — 200g *tourbe.*

(T : 25°. — 30 heures.)

Témoin non chauffé.	Chauffé 60° pendant 1/4 heure non ensemencé.	Chauffé 80° pendant 1/4 heure non ensemencé.	Chauffé 100° pendant 1/4 heure non ensemencé.	Stérilisation à 120° pendant 1/2 heure ensemencé avec délayure de terre.
17,0	17,5	21,9	38,0	38,5

Pour interpréter ce phénomène nous avons institué les expériences suivantes :

a, La tourbe a été soumise à l'action des antiseptiques qui intensifient l'activité microbienne dans les terres riches en matières organiques : sulfure de carbone, toluène, naphtaline. Leur action s'est montrée nulle.

b. D'autre part, en vue de déterminer si le liquide imprégnant la tourbe

possède une propriété empêchante, nous l'avons concentré dans le vide à la température ordinaire. Ce liquide concentré incorporé à la tourbe chauffée ou plus exactement substitué au liquide normal, ne s'oppose pas à l'activité provoquée par le chauffage. D'autre part, le remplacement du liquide exprimé de la tourbe par une égale quantité d'eau ordinaire laisse constant le dégagement de CO^2. Il ressort de là que les solutions naturelles de la tourbe ne renferment aucune substance empêchante.

A titre de contre-épreuve, si nous remplaçons 20^{cm^3} de liquide extrait (soit 12 pour 100) par la même quantité de bouillon de viande ou d'un milieu minéral de culture, le dégagement de CO^2 s'élève aussitôt (Tableau III). Les solutions imprégnant la tourbe sont donc naturellement insuffisantes pour assurer l'activité des phénomènes microbiens.

III. — CO^2 *dégagé en centimètres cubes* KOH $\frac{N}{10}$. — 200^g *tourbe.*

(T : 25°. — 30 heures.)

			Addition à la tourbe		
Témoin.	Liquide exprimé remplacé par eau distillée.	Tourbe chauffée 100° 1/4 d'H.	chauffée à 100° du liquide exprimé concentré au 1/3 dans le vide.	non chauffée de 20^{cm^3} de bouillon de viande peptoné.	non chauffée de 20^{cm^3} du milieu minéral de Lipmann.
11,9	11,0	49,1	42,0	56,0	37,8

L'analyse directe du liquide nous a montré que si l'on y rencontre une quantité appréciable d'azote organique soluble, cet azote résiste à l'ammonisation par SO^4H^2 étendu. D'autre part, l'acide phosphorique et la potasse n'y existent qu'à l'état de traces négligeables. Par contre, après chauffage de la tourbe à 100°, on peut constater dans le liquide, à la suite d'hydrolyse par l'eau seule, comme l'a montré Hébert, la présence d'azote ammoniacal et d'acide phosphorique en quantités dosables.

Des essais directs nous ont montré par ailleurs que les engrais minéraux déterminent immédiatement une augmentation de la quantité de CO^2 dégagé. Parmi eux il faut mettre au premier plan les phosphates basiques.

Conclusions. — La passivité relative de la tourbe au point de vue biologique a pour cause essentielle la pauvreté du milieu en éléments nutritifs et principalement en acide phosphorique. Les résultats dans la stérilisation partielle de la tourbe par la chaleur ne sont attribuables ni à une destruction de toxines ni à une action sur les protozoaires. Ils s'expliquent dans ce cas particulier, par une modification chimique favorable du milieu, d'ordre exclusivement alimentaire.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la psycho-physiologie des phénomènes visuels.* Note de MM. **A. Quidor** et **Marcel-A. Hérubel**, présentée par M. E. Bouvier.

Quelques expériences nous ont permis de préciser et d'étendre les conclusions d'études antérieures (1).

Deux prismes empruntés à un stéréoscope ont une arête commune disposée verticalement. Toute figure ou toute image placée devant chacun d'eux est reçue par la fovea de chacun des yeux; mais, ces images peuvent également être reçues simultanément par une même fovea. Les images conjuguées utilisées mesurent 3^{cm} sur 2^{cm}. Enfin, dans chaque observation, il est nécessaire de masquer successivement l'une et l'autre image pour s'assurer de leur perception simultanée.

Deux droites, une verticale et une horizontale, sont placées, la première devant le prisme gauche, la seconde devant le prisme droit. L'observateur a l'illusion d'une croix, aussi bien par la vision binoculaire que par la vision monoculaire. Remplaçons maintenant ces droites par deux images conjuguées. Nous obtenons, par la vision binoculaire et par la vision monoculaire, des sensations de relief rigoureusement identiques.

Il résulte de ces observations que toute image rétinienne perçue par une fovea provoque, dans chacun des hémisphères cérébraux, la formation d'une image cérébrale. La sensation de relief est due à la fusion psychique des deux images cérébrales non identiques et semblables à celles que donnerait l'observation directe des objets et des êtres représentés.

Plaçons les images conjuguées de telle sorte que l'image destinée à l'œil droit soit reçue par l'œil gauche et réciproquement. Le relief obtenu par la vision monoculaire est encore normal; mais, celui que donne l'observation binoculaire est inversé, sous réserve que chacun des yeux ne reçoive qu'une seule image rétinienne. Les deux cérébrales provoquées par chaque rétinienne sont encore perçues par chaque hémisphère cérébrale, mais leur valeur est inégale. La cérébrale perçue par l'hémisphère placé du même côté que l'œil impressionné domine la cérébrale provoquée par la rétinienne reçue par l'autre œil.

---

(1) Paris, *Thèse* 1909; *Ann. d'Occultisme* et *Ann. de Chimie et de Physique*, 1910.

Le relief donné par l'observation binoculaire d'images conjuguées sera donc normal quand les dominantes seront provoquées par les rétiniennes analogues à celles que produirait, dans chacun des yeux, l'observation directe. Le relief est inversé, quand les dominantes sont provoquées par des rétiniennes analogues à celles que produirait, dans l'autre œil, cette même observation.

La structure de l'œil imprime, en effet, aux rétiniennes données par l'observation directe, une déformation telle que les deux rétiniennes fournies par un même objet sont inégales, et que la plus grande se forme toujours dans l'œil placé du même côté que l'objet perçu.

La fusion des images cérébrales se fait, dans chaque hémisphère cérébral, d'après les données fournies par des observations antérieures. C'est un acte essentiellement psychique que met en évidence l'observation monoculaire d'images conjuguées inversées succédant à l'observation binoculaire de ces mêmes images.

Le relief inversé devient alors normal.

Mais le relief inversé donné par l'observation binoculaire stéréoscopique d'images conjuguées devient normal quand ces deux images sont perçues simultanément par chaque fovea. Il ne peut en être autrement, puisque, dans la vision monoculaire, le relief est normal quand l'une et l'autre rétinienne sont reçues par une même fovea.

Soient G et D les images conjuguées; la première devant être observée par l'œil gauche et la seconde par l'œil droit. Les images G et D, inversées ou non, fournissent dans l'œil gauche les rétiniennes G_1, D_1, et dans l'œil droit les rétiniennes G_2, D_2.

Aux rétiniennes G_1 D_1 correspondent, dans l'hémisphère gauche, les dominantes g_1 et d_1, et, dans l'hémisphère droit, les cérébrales g'_1 d'_1. De même, les rétiniennes G_2 D_2 provoquent la formation des dominantes g_2 d_2 dans l'hémisphère droit et les cérébrales g'_2 d'_2 dans l'hémisphère gauche. Or, l'unité de sensation subsiste. C'est que les rétiniennes G_1 G_2 sont identiques et perçues par des points rétiniens correspondants, reliés dans chaque hémisphère, au même groupe de cellules cérébrales.

Les cérébrales g_1 et g'_2 d'une part, les cérébrales g_2 g'_1, d'autre part, sont identiques deux à deux, de même que les cérébrales d_1 d'_2 et d_2 d'_1.

Il est évident que l'hémisphère gauche perçoit, dans ces conditions, les dominantes g_1 d_1 et l'hémisphère droit les dominantes g_2 d_2. Nous nous trouvons en présence d'un nouvel acte psychique. Les cérébrales perçues

sont encore interprétées conformément aux données fournies par des observations antérieures. Les dominantes g_1 d_2 l'emportent sur les dominantes d_1 g_2, et le relief perçu est normal.

En résumé, la structure de l'appareil visuel : inclinaison des cristallins, chiasma des nerfs optiques, muscles déterminant la convergence des axes visuels, permet la formation, dans chaque hémisphère, de deux cérébrales différentes. C'est à l'interprétation psychique des cérébrales ainsi perçues qu'il faut attribuer la sensation du relief.

EMBRYOGÉNIE. — *Les globules polaires de l'œuf de* Tubularia mesembryanthemum *Allm.* Note de M. **Paul Benoît**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente [1] j'ai déjà décrit rapidement l'ovogenèse et les premiers stades du développement de *Tubularia mesembryanthemum*. Je voudrais, aujourd'hui, apporter seulement quelques précisions sur la formation des globules polaires dans les œufs géants de cet Hydraire.

Avant l'émission des globules polaires, l'œuf géant de *Tubularia mesembryanthemum* Allm. se découpe par des incisures en trois ou quatre ovules secondaires, qui possèdent chacun jusqu'à dix noyaux (pseudo-cellules qui n'ont pas entièrement dégénéré). Chacun de ces noyaux subit des aspects nombreux, tenant très probablement à ce que ces anciennes pseudo-cellules ont subi une dégénérescence plus ou moins avancée. Tous les noyaux entrent en mitose synchroniquement. Un certain nombre se trouvent à la phériphérie (4 par exemple), les autres restent à l'intérieur. Parmi ceux qui sont à la périphérie, au moins dans l'un des œufs, l'un d'eux fait la mitose classique avec fuseau légèrement oblique, asters à centrosomes bien visibles et huit tétradres ayant la forme sphérique. Cette mitose est certainement celle du noyau de l'ovocyte privilégié qui a donné naissance à l'œuf. Les trois autres noyaux périphériques forment des fuseaux plus ou moins obliques avec asters et centrosomes, mais la chromatine est en masse irrégulière, formée sans doute par l'agglutination des chromosomes. Vlès et Dragoiu (1921) en augmentant la pression osmotique externe sur des œufs d'Oursin fécondés bloquent la segmentation cytoplasmique et obtiennent les mêmes altérations nucléaires.

Tous ces noyaux expulsent le premier globule polaire.

Les noyaux centraux entrent, eux aussi, en mitose et forment un

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 171.

fuseau très net, les fibres astériennes sont très longues et les centrosomes sidérophiles présentent souvent deux centrioles. La chromatine réunie quelquefois à l'équateur en une masse à bords très irréguliers est le plus souvent fragmentée inégalement. Les pronuclei centraux conservent un certain temps leur ovocentre.

On ne peut admettre, en aucune façon, qu'il s'agisse là d'une segmentation quelconque. Ces noyaux centraux, synchroniquement en mitose avec les noyaux périphériques, font leur réduction chromatique.

L'expulsion du deuxième globule polaire a lieu pendant que le premier globule polaire donne deux petits globules polaires secondaires. De la même façon, pour les quatre noyaux extérieurs, l'un donne encore le deuxième fuseau classique avec huit dyades sur les fibres fusoriales, et les trois autres un fuseau avec masses chromatiques plus ou moins irrégulières à l'équateur.

A ce stade, l'œuf qui était encore entouré de la membrane qui constitue la paroi externe du manubrium, déchire cette membrane et devient libre dans la cavité de la cloche où il pourra être fécondé. Ce n'est donc pas la pénétration du spermatozoïde qui détermine l'expulsion des globules polaires, comme le soutient Oschmann (1923), dont les figures sont d'ailleurs bien peu démonstratives.

Ordinairement, après la réduction chromatique, la plupart des pronuclei femelles de l'œuf se fusionnent par 2, par 3 ou par 4 pour donner des pronuclei polyénergides, qui seront fécondés par des pronuclei mâles polyénergides. Il y a alors, dans un œuf, un ou plusieurs pronuclei femelles monoénergides et un ou plusieurs pronuclei femelles polyénergides,

Il existe aussi des mitoses de réduction tétracentriques avec expulsion de trois globules polaires, les fuseaux, au nombre de 2, sont perpendiculaires entre eux. Kostanecki (1903) à la suite de polyspermie, et Morgan (1910) après centrifugation, ont observé dans les œufs fécondés de *Cerebratulus marginatus*, des mitoses multipolaires dans les deux divisions de maturation, sans donner d'explication de ces mitoses. Dalcq (1923) observe également des mitoses tri- ou tétracentriques de réduction sous l'action des solutions hypotoniques. Mais il s'agit dans mon cas de noyaux des pseudo-cellules et jamais, semble-t-il, du noyau de l'ovocyte privilégié, dont la mitose est normale.

Enfin, dans un œuf où avait lieu la mitose de réduction ordinaire, j'ai observé un dernier mode de réduction chromatique, par expulsion directe du globule polaire. Ce globule est formé d'une masse sphérique de chroma-

tine très sidérophile (noyau pycnotique) entourée d'une couche de cytoplasme assez mince. La masse de chromatine est encore réunie au pronucleus femelle par un filament chromatique. Il s'agit donc d'une expulsion de globule polaire par amitose. A la surface de l'œuf, une évagination se forme contenant le noyau qui s'étrangle en son milieu et dont les deux moitiés restent par la suite unies par un filament chromatique. Finalement le globule polaire est expulsé et, ce qui justifie encore mon interprétation, on observe au moins l'ébauche de la division ultérieure de ce premier globule polaire. Il s'étrangle et prend l'aspect d'une haltère à boules très écartées.

L'œuf géant de *T. mesembryanthemum* présente donc, en dehors des mitoses de réduction normales, des mitoses de réduction anormales qui proviennent de ce que la plupart des noyaux de l'œuf (pseudo-cellules) ont subi des phénomènes dégénératifs plus ou moins avancés.

Il est entendu que, à côté des œufs géants polyspermiques, on trouve des œufs monospermiques. Ils sont en nombre à peu près égal, au moins dans les Tubulaires de la région de Cette. Leur évolution est sensiblement pareille à celle des œufs de la Myriothèle, sauf quant à la segmentation cytoplasmique qui est beaucoup plus précoce chez la Tubulaire.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme du diabète insipide.* Note de MM. **Jean Camus**, **J.-J. Gournay** et **Fiterre**, présentée par M. Widal.

La lésion de la base du cerveau dans la région opto-pédonculaire au voisinage de l'hypophyse détermine soit une polyurie très abondante durant quelques jours soit un véritable diabète insipide capable de se prolonger des années.

Ces faits ont été établis par les recherches expérimentales et anatomopathologiques de Jean Camus et G. Roussy, confirmés par les travaux de P. Bailey et de Frédéric Brémer poursuivis dans le laboratoire d'Harvey Cushing. Les études anatomocliniques de Lhermitte et de nombreux auteurs ont montré que les phénomènes observés chez l'homme sont dus à des lésions de la même région que chez l'animal. Expérimentalement la lésion du tuber provoque brusquement une polyurie considérable à tel point qu'un chien qui urinait quotidiennement 250 à 300^g par 24 heures peut, après l'opération, uriner 3 litres par 24 heures, assez souvent 5 litres, parfois 8 et même 12 litres.

L'explication qui vient le plus facilement à l'esprit est que la lésion céré-

brale agit par l'intermédiaire du système nerveux sur les reins en suivant un trajet nerveux qu'il suffit de rechercher et de déterminer. Il n'en est rien, les nerfs du rein n'interviennent pas dans ce phénomène, ainsi que le montrent les recherches de Houssay et Carula, Bailey et Bremer, Jean Camus et J.-J. Gournay.

Dans les expériences de Jean Camus et J.-J. Gournay, les reins ont été soigneusement énervés, les pédicules des deux reins étaient réduits à l'artère, la veine et l'uretère lesquels, après énervation, étaient frottés à l'alcool à 96°.

Cette opération, faite après la lésion du cerveau, ne supprime pas la polyurie et, faite avant, ne l'empêche pas de se produire. Les faits expérimentaux obligent à conclure que la lésion cérébrale, si elle n'agit pas sur la fonction urinaire par les nerfs du rein, provoque la polyurie par voie humorale.

Il y a trois ans, dans des recherches inédites, Jean Camus et J.-J. Gournay, en collaboration avec H. Malgat, avaient noté qu'au moment où la polyurie existe, l'acide urique disparaît des urines.

Reprenant ces recherches, nous avons vu que ce phénomène est constant.

L'acide urique disparaît des urines ou diminue dans des proportions étonnantes pendant la période de polyurie et même, si la polyurie est retardée de deux, trois, quatre jours après l'opération, l'acide urique disparaît des urines avant l'installation de la polyurie.

Un échantillon d'urine d'un de nos chiens polyuriques, analysé pour contrôle, ne contenait pas trace d'acide urique. Autres phénomènes corrélatifs de grande importance, les bases puriques augmentent très fortement dans les urines ainsi que les phosphates.

Ces phénomènes existent non seulement au cours des polyuries expérimentales qui durent quelques jours, mais au cours du diabète insipide permanent.

Un chien, chez lequel le diabète insipide a été déterminé il y a près de quatre ans, urine depuis cette époque une moyenne de 3^l à 4^l par 24 heures. Ces urines ne contiennent pas actuellement d'acide urique ou seulement des traces insignifiantes.

Les faits que nous avançons ont été observés par nous régulièrement dans une série d'expériences et rigoureusement contrôlés. Pour éviter les erreurs dues à la dilution, nous avons dosé l'acide urique dans les urines de chien normal avant et après dilution. Nous avons, d'autre part, concentré les urines des chiens polyuriques et effectué des dosages avant et

après concentration. Toutes ces recherches de contrôle ont été concordantes. Ainsi le diabète insipide expérimental s'accompagne de la disparition de l'acide urique de l'urine et d'une grande augmentation des bases puriques.

Or on sait que la théobromine du cacao, la caféine du thé et du café sont des bases puriques et que ces corps sont fortement diurétiques; dès lors l'hypothèse qui s'impose à l'esprit, c'est que le diabète insipide est lié à la dégradation des nucléoprotéides et se trouve probablement sous la dépendance de bases puriques diurétiques fabriquées en excès ou non transformées.

Nos recherches en tous cas nous permettent de pénétrer plus avant dans le mécanisme du diabète insipide et peut-être aussi de la diurèse normale, ce mécanisme étant à la fois nerveux et humoral.

BIOLOGIE. — *L'action de la lumière sur les variations de la calcémie chez les rachitiques.* Note de MM. **E. Lesné**, **L. de Gennes** et **Guillaumin**, présentée par M. Widal.

Howland et Kramer [1], puis Hess [2], avaient insisté déjà sur l'hypocalcémie chez les rachitiques. Plus récemment, Woringer (de Strasbourg) reprenait l'étude de la calcémie chez les malades atteints de spasmophilie et montrait l'influence des rayons de la lampe de quartz à vapeurs de mercure sur le taux du calcium et sur les signes cliniques de la maladie [3].

Pour doser le calcium dans le sang, la méthode micrométrique de de Waard nous a paru trop imprécise et nous nous sommes constamment servis d'une méthode dérivée de celle de Kramer et déjà utilisée dans des recherches effectuées par MM. P. Weill et l'un de nous, et qui consiste essentiellement en un titrage du calcium réduit à l'état d'oxalate.

1° *La calcémie chez les rachitiques.* — Le taux moyen de la calcémie chez des enfants normaux de 2 mois à 2 ans oscille entre 100 et 120^{mg} par litre de sérum. Il paraît indépendant du sexe, mais semble légèrement modifié par les influences saisonnières.

Chez 20 enfants rachitiques examinés entre les mois de mars et de juillet nous avons trouvé d'une façon presque constante une hypocalcémie notable,

(1) Howland et Kramer, *Calcium and phosphorus in the serum and on relations to rickets* (*American Journ. Dis. of Children*, août 1921).

(2) Hess et J. Unger, *The chemical role of the fat soluble vitamine* (*J. of Amer. Med. Assoc.*, 24 janvier 1920).

(3) Woringer, *Soc. Biol. de Strasbourg*, 27 avril 1923.

c'est-à-dire un chiffre inférieur à 100^{mg} par litre de sérum. Mais l'hypocalcémie semble surtout le témoin de la *période active* du rachitisme entre 3 mois et 1 an. Nous n'avons jamais vu son taux s'abaisser au-dessous de 79^{mg}.

L'hypocalcémie semble donc constante, mais modérée et inférieure dans tous les cas à celle que nous avons pu déceler au cours de la spasmophilie ou de la tétanie (56-71^{mg}).

Par contre, chez des enfants de 3 à 8 ans présentant des déformations rachitiques considérables mais fixées et irréductibles, le taux de la calcémie s'est montré normal ou même légèrement élevé (114-118^{mg}).

Le chiffre du calcium sérique chez un sujet donné semble remarquablement fixe et indépendant de la nature ou de l'horaire des repas ingérés. Il n'est pas modifié par l'ingestion de chlorure de calcium.

La température semble également sans influence sur la calcémie.

N°	Nom et prénom.	Age.	Maladie.	Taux du calcium avant traitement en mg/litre.	Après 8 séances d'irradiation d'une 1/2 heure.	Après 16 séances.	Après 24 séances.	30 jours après la dernière séance d'irradiation.
1...	Lemp. Paulette	2 ans	Rach. très marqué	g 0,091	0,108	0,120		0,116
2...	R... Paul	14 mois	Rachitisme	0,089	0,095	0,095	0,108	0,108
3...	Le G... Georges	4 mois	Rachitisme	0,087				
4...	Hab... Huguette	14 mois	Rachitisme	0,088				
5...	Derch... Louis	8 ans	Rachitisme fixé	0,114				
6...	Agl... R...	2 ans	Rachitisme	0,100				
7...	V... Marcel	14 mois	Rachitisme	0,098				
8...	Pol... René	10 mois	Rachitisme	0,095	0,095	0,103	0,108	0,116
9...	Th... Maurice	15 mois	Rachitisme	0,101		0,111		0,115
10...	C... Louis	7 mois	Rachitisme	0,098				
11...	Q... Denis	11 mois	Rachitisme	0,099				
12...	B... Louis	4 mois	Rachitisme précoce très marqué (ε)	0,079				
13...	Le G... Georges	14 mois	Rachitisme	0,088				
14...	Mam Jacqueline	14 mois	Rach. spasmophilie	0,079	0,096	0,096	0,116	0,116
15...	So-sow Jacq. (*race noire*)	21 mois	Rach. très marqué	0,087	0,087		0,085	
16...	Socrov... Aourt (*race noire*)	14 mois	Rachitisme	0,086	0,086	0,084	0,086	
17...	B... René	2 ans	Rachitisme	0,088		0,102	0,116	0,116
18...	Ch... René	3 ans	Rachitisme fixé	0,118				
19...	Al... Lucien	19 mois	Rachitisme	0,095	0,108	0,111	0,116	0,114
20...	Cor... Jamin	3 mois	Rachitisme	0,088	0,108	0,116		
21...	G... René	1 an	Rachitisme	0,090				
22...	J...	1 an	Rachitisme léger	0,104				

2° *Variations de la calcémie sous l'influence de la lumière.* — Nous avons soumis à l'influence de la lumière artificielle, sans rien changer à leur régime alimentaire, un certain nombre des enfants que nous avons observés et nous avons pu constater une élévation constante du calcium sérique.

Nous avons employé comme source lumineuse une lampe à arc de 1200 bougies située à une distance de 1^{m},20. Chaque séance d'irradiation a duré 30 minutes. Les séances ont été renouvelées chaque jour.

Seuls les rayons ultraviolets sont opérants et toute interposition de verre en arrête l'action.

Cette action se manifeste dès la huitième séance d'irradiation et se poursuit régulièrement jusqu'à la troisième semaine.

Au bout de 3 semaines le taux maximum de la calcémie semble atteint mais ne dépasse pas les chiffres normaux et se maintient jusqu'à plus de 30 jours après la dernière séance d'irradiation.

Il est intéressant de constater que les deux seuls sujets qui ont fait exception à cette règle sont deux enfants de race noire présentant des lésions de rachitisme manifeste et une hypocalcémie très marquée. 24 séances d'irradiation d'une demi-heure sont restées sans action sur la calcémie de ces sujets comme si le pigment cutané jouait un rôle protecteur contre les radiations ultraviolettes.

Ce fait semble en concordance avec ceux que Hess [1] avait pu constater sur les rats noirs dans l'étude du rachitisme expérimental et avec le fait bien connu de l'extrême fréquence du rachitisme chez les enfants de race noire élevés sous nos climats.

La peau pigmentée de ces sujets exige, pour que l'action de la lumière exerce tous ses effets, une irradiation beaucoup plus intense et plus prolongée.

Parallèlement aux modifications chimiques du sérum, nous avons pu constater une amélioration très nette des lésions rachitiques.

Enfin, plusieurs des sujets observés présentaient en même temps que les stigmates du rachitisme des signes de spasmophilie. Ces signes se sont rapidement améliorés sous l'influence du traitement lumineux en même temps que s'élevaient les chiffres de la calcémie.

L'hypocalcémie semble être le témoin et non la cause du rachitisme.

Nous avons pu vérifier, en effet, à la suite des auteurs américains, dans un grand nombre d'expériences, qu'un régime privé seulement de calcium ne détermine jamais chez l'animal l'apparition du rachitisme.

---

(1) F. Hess, *The Lancet*, t. 5, 1922, p. 367.

Par contre, la déficience du phosphore semble créer constamment des troubles du métabolisme et de la fixation du calcium et engendrer le processus rachitisant.

Il est intéressant de constater que la lumière et plus exactement la radiation ultraviolette peut suppléer entièrement à cette carence du phosphore.

PHARMACODYNAMIE. — *A propos de la Note de MM.* Chevalier *et* Mercier *sur l'action pharmacodynamique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre* ([1]). Note ([2]) de M. **A. Juillet**, transmise par M. Flahault.

MM. Chevalier et Mercier préconisent l'emploi d'un principe extrait du pyrèthre de Dalmatie (*Chrysanthemun cinerariæfolium* Vis.) comme succédané des arséniates et sels de plomb en usage.

Reprenant les travaux de J. Dufour (1893) et ceux de H. Faes (1914-1916), j'ai signalé dès 1920 (*Revue de Viticulture*, t. 52, p. 92 et 110) les avantages que présenterait le pyrèthre de Dalmatie comme succédané des insecticides toxiques utilisés jusqu'ici. En 1921, avec L. Galavielle et M. Ancelin (*Revue de Viticulture*, t. 55, p. 201 et 301), en 1922 (*Revue de Botanique appliquée*, t. 2, p. 403), cette année (*Revue de Viticulture*, t. 58, p. 169, mars), j'ai précisé des méthodes d'extraction des principes insecticides du pyrèthre, leur incorporation, leur emploi, leurs effets sur des animaux parasites des plantes et de l'homme, permettant ainsi de créer en France une industrie nouvelle déjà productive.

Simultanément j'indiquais aux agriculteurs du Midi la culture du pyrèthre pour la mise en valeur des terres arides, culture déjà indiquée par E. Heckel (1913). Cette culture mettait à la disposition des agriculteurs un insecticide efficace, non toxique et économique. Depuis, la culture du pyrèthre est pratiquée en France. Elle a pleinement réussi et donne des produits très actifs. L'emploi du *C. cinerariæfolium* en agriculture est un fait acquis et n'est plus une nouveauté.

Si la composition exacte des principes insecticides du pyrèthre est encore discutée, il a été reconnu par Marino Zucco (1891-1894) que l'alcaloïde, *chrysanthémine*, extrait par lui du pyrèthre de Dalmatie, était inactif sur

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1847.

([2]) Séance du 16 juillet 1923.

les insectes; cette observation a été souvent confirmée (Mc Donnell, R. C. Roark et G. L. Keenan, 1920, A. Juillet, 1923).

Ajustant à nos essais une partie des techniques de Donnell, Roark et Keenan, nous avons évaporé à l'air et en consistance siripeuse nn extrait à l'éther de pétrole de fleurs sèches et récentes de pyrèthre des environs de Montpellier.

Cet extrait a été traité successivement par le CO^3Na^2, $CO^3(NH^4)^2$, NaOH en solutions aqueuses à 10 pour 100 : en neutralisant ces liqueurs par $SO^4H^2 \frac{N}{10}$, reprenant par l'éther, j'ai isolé des produits faiblement acides, très toxiques pour divers insectes (Ex. : chenille du *Pieris brassicœ*). Le résidu jaune et sirupeux paraît être constitué en partie par des éthers saponifiables à l'ébullition dans KOH (36 pour 1000 d'alcool à 95°) et dans des solutions alcooliques de savon mou (savon : alcalinité libre, KOH 0,70 pour 100 — 1 pour 10 d'alcool à 95°, ou d'alcool à brûler ou de marc).

Cette saponification ruine l'activité insecticide; l'effet est identique si l'on traite à l'ébullition pendant 1 heure les teintures de fleur de pyrèthre par le savon mou à la concentration précitée (A. Juillet, 1921).

Mais l'action à froid des mêmes alcalis en solution aqueuse et des savons alcalins (1 partie dans 6 parties d'eau est pratiquement nulle. Des suspensions savonneuses d'extrait de pyrèthre préparées depuis juin 1921 ont actuellement toute leur activité première. La sensibilité des principes actifs du pyrèthre aux alcalis méritait d'être précisée.

Les corps acides insecticides observés par nous et par Mc Donnell, Roark et Keenan correspondent à l'*acide pyréthrotoxique* de Schlagdenhauffen et Reeb (1898) et de Reeb (1909). Les éthers peuvent être homologués avec le *pyrétol* de S. Sato (1905-1907) et avec le *pyréthrone* de J. Fugitani (1909), conclusions également admises par les auteurs américains. Le principe actif du pyrèthre est donc un complexe.

En appliquant au pyrèthre la technique de MM. Chevalier et Mercier, on n'obtient pas une espèce chimiquement définie, mais un mélange; si l'on traite cet extrait par les méthodes d'épuisement précédentes, on y retrouve les acides libres et des éthers, tous insecticides.

Par ailleurs un autre fait permet de douter de la nouveauté du corps isolé par MM. Chevalier et Mercier. Le *pyréthrone* de Fugitani ou *pyrétol* de Sato agit d'une façon identique, aux mêmes doses : 1^{mg} sur la grenouille, comme Fugitani le précise. Ce corps est déjà considéré par Fugitani comme

un poison neuro-musculaire, analogue à la vératrine, en opérant sur divers animaux y compris le chien. R. Yamamoto (1909) considère ce corps comme un mélange. Aussi est-il décevant de voir ce mélange agir aux mêmes doses, sur le même animal, que l'éther type de MM. Chevalier et Mercier qui omettent, il est vrai, de rapporter à la dose de toxique le poids de l'animal.

Nos observations, celles de Mc Donnel, Roark et Keenan, de Fugitani et de Yamamoto, mettent donc en doute le bien-fondé de l'affirmation de MM. Chevalier et Mercier, qui ont méconnu la complexité du corps qu'ils isolaient et ignoré nos connaissances à son sujet.

A 15^h40^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 18 juin 1923.)

Note de M. *Mesnager*, Plaque mince indéfinie uniformément chargée, portée par des points régulièrement espacés :

Page 1774, formule (1), ajouter avant les crochets $\frac{1-\eta^2}{EI}$.

Note de MM. *L. Hackspill* et *A. Couder*, Sur la formation d'acide nitrique dans la fabrication de l'acide carbonique liquide :

MM. C. Marie et R. Marquis ont déjà signalé en 1904 le déplacement de l'acide nitreux par l'acide carbonique (*Comptes rendus*, t. 138, p. 367 et 694).

LÉMERAY (E.-M.).

L'Éther et ses précurseurs*

Un volume in-8 écu de 141 pages ; 1922 .... 6 »

LEROUX (J.).

Relativité restreinte et Géométrie de systèmes ondulatoires

Un volume petit in-4 de 52 pages ; 1922 .... 4 »

MAILLARD, Professeur d'Astronomie à l'Université de Lausanne.

Cosmogonie et Gravitation*

Un volume in-8 de 40 pages, avec 4 figures ; 1922 .... 3 »

MARAIS (Henri), Ancien Élève de l'École Normale supérieure.

Introduction Géométrique à l'Étude de la Relativité*

Un volume in-8 (25-16) de 192 pages et 22 figures ; 1923 .... 15 »

MICHAUD (Félix).

Rayonnement et Gravitation*

Un volume in-8 raisin (25-16) de 65 pages, 1922 .... 6 »

PACOTTE.

La physique théorique nouvelle*

Un volume in-8 raisin (25-16) de VIII-182 pages, avec 23 figures ; 1921 .... 12 »

PAINLEVÉ (Paul), Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique.

Les Axiomes de la Mécanique (Examen critique)*

(Collection de Mémoires. Les Maîtres de la Pensée Scientifique)

Un volume in-16 double-couronne (180-115) de XVII-111 pages, avec 3 figures dans le texte .... 4 »

PICARD (Émile), Membre de l'Institut, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

La Théorie de la Relativité et ses applications à l'Astronomie*

Un volume in-16 double-couronne de 27 pages, broché ; 1921 .... 1 75

ROUGIER (Louis), Professeur agrégé de philosophie.

La Matière et l'Energie*

Un volume in-8 raisin (25-16) de XI-112 pages ; 1921 .... 9 50

THIRRING (H.) Professeur de Physique théorique à l'Université de Vienne.

L'idée de la Théorie de la Relativité

Traduit de l'allemand par M. SOLOVINE

(Science et Civilisation, Collection d'Exposés synthétiques du savoir humain)

Un volume in-16 jésus (19-14) de 184 pages, avec 8 figures ; 1923 .... 8 »

VIAL (François),

Les arguments de M. Einstein

Un volume in-8° de 16 pages ; 1921 .... 3 50

VILLEY (J.), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

Les divers aspects de la théorie de la Relativité*

(avec une préface de M. BRILLOUIN, Membre de l'Institut.)

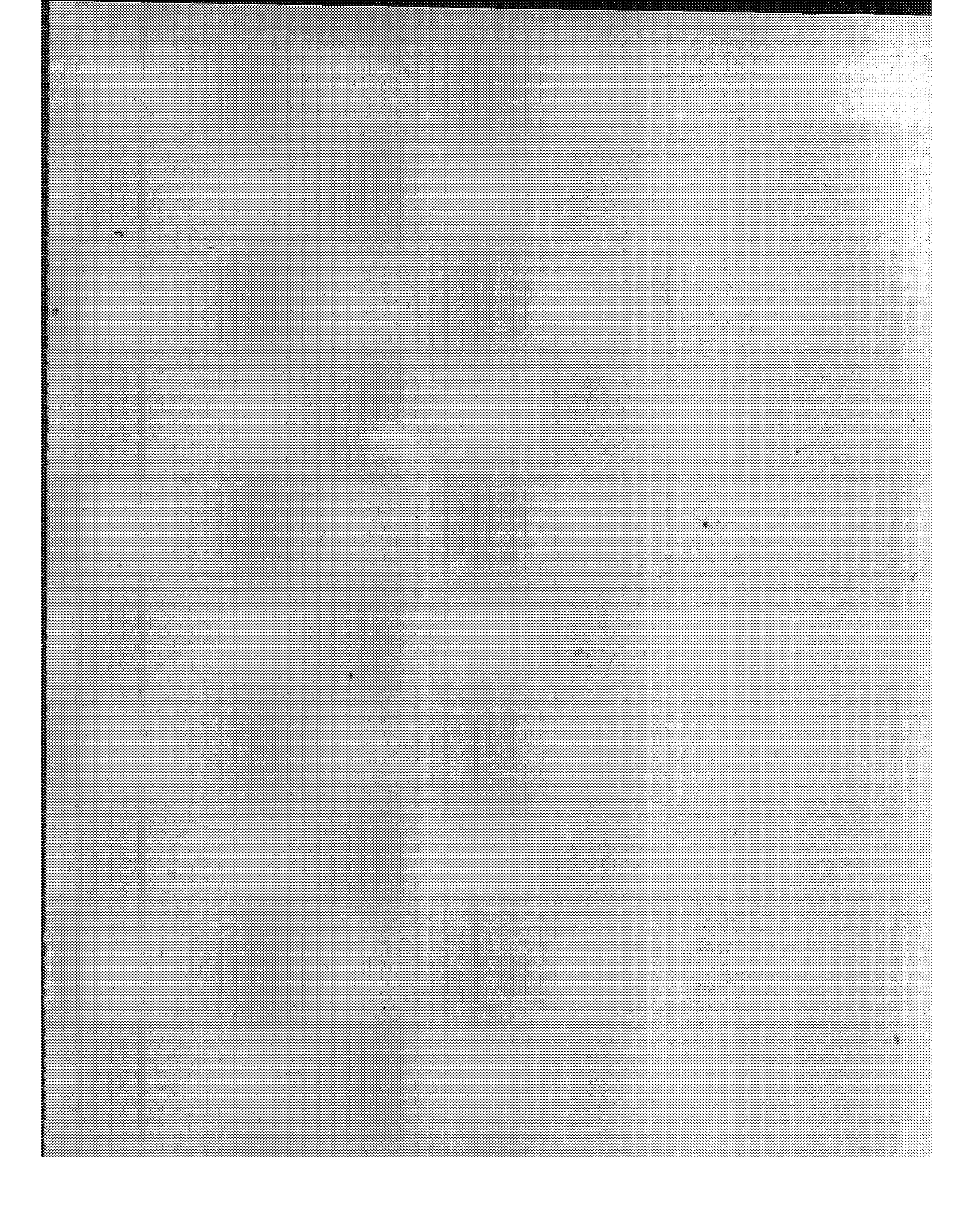
Un volume in-8 raisin (25-16) de 96 pages ; 1923 .... 7 50

ZAREMBA (J.).

Théorie de la Relativité des faits observés

Un volume petit in-4 de 38 pages ; 1922 .... 3 50

Une notice détaillée sur tout Ouvrage marqué d'une astérisque (*) sera envoyée sur demande.



N° 4

TABLE DES ARTICLES (Séance du 23 Juillet 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. le Président annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le lundi 17 décembre 1923.......... 225

M. A. Lacroix fait hommage à l'Académie d'un volume consacré à la « Minéralogie de Madagascar »........................ 225

M. H. Deslandres. — Sur les Observatoires de montagne.............................. 226

M. G. Bigourdan. — Sur l'emploi du pendule entièrement libre comme garde-temps.......... 232

M. F.-E. Fournier. — Les formes de carènes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses sont réalisées seulement sur les canots de course automobiles..... 234

ÉLECTIONS.

MM. H. Deslandres et H. Le Chatelier sont réélus membres du Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique pour l'année 1923-1924.................. 237

NOMINATIONS.

M. P. Termier est désigné pour faire une lecture à la séance publique annuelle des cinq Académies......................... 237

CORRESPONDANCE.

M. de Séguier. — Sur les groupes linéaires à invariant bilinéaire ou quadratique dans le champ réel et complexe.......... ... 237

M. S. Sanielevici. — Sur une application du calcul tensoriel........................ 240

M. Evans. — Sur l'intégrale de Poisson ... 241

M. F.-H. van den Dungen. — Quelques applications techniques des équations intégrales 243

M. Émile Belot. — Essai de représentation de la durée t d'évolution continue des étoiles en fonction de la température effective θ. Application au Soleil 245

M. R. Jarry-Desloges. — Influence des divers éléments d'un objectif (ouverture, distance focale, grossissement) sur la qualité des images télescopiques... 248

M. E. Selety. — Possibilité d'un potentiel infini, et d'une vitesse moyenne de toutes les étoiles égale à celle de la lumière.... 250

M. Wladimir de Belaevsky. — Sur un problème d'élasticité en coordonnées polaires. 253

M. Th. De Donder. — Synthèse de la gravitique.................................... 254

M. Camille Gillet. — Les solutions aqueuses. Origine des effets osmotiques............ 257

MM. A. Boutaric et M. Vuillaume. — Étude du spectre d'absorption des sols de sulfure d'arsenic.............................. 259

M. Alfred Gillet. — Recherches sur l'électrodiffusion (Migration des ions)......... 261

M. A. Lassieur. — Dosage électrolytique de l'antimoine.............................. 263

M. L.-J. Simon. — L'oxydation sulfochromique des carbures aromatiques et la conception actuelle du graphite.......... 265

M. L. S. Glichitch. — Dosage des alcools facilement déshydratables dans les huiles essentielles................................ 268

M. J. Orcel. — Sur la bavalite de Bas-Vallon.................................... 271

M. Thiébaut. — Recherches sur la composition minéralogique de quelques marnes du Tertiaire d'Alsace.................... 273

M. A. Cholley. — Évolution du relief karstique du Parmelan (Préalpes de Savoie). 276

M. Henri Coupin. — Sur la prétendue formation de la chlorophylle à l'obscurité. 279

M. Jean Politis. — Sur la formation d'un glucoside (saponarine) au sein des mitochondries.... 280

MM. A. Demolon et P. Boischot. — Sur l'activité des phénomènes biologiques dans la tourbe.................................. 282

MM. A. Quidor et Marcel-A. Hérubel. — Sur la psycho-physiologie des phénomènes visuels.... 285

M. Paul Benoit. — Les globules polaires de l'œuf de *Tubularia mesembryanthemum* Allm.............................. 287

MM. Jean Camus, J.-J. Gournay et Fiterre. — Sur le mécanisme du diabète insipide. 289

MM. E. Lesné, L. de Gennes et Guillaumin. — L'action de la lumière sur les variations de la calcémie chez les rachitiques. 291

M. A. Juillet. — A propos de la Note de MM. Chevalier et Mercier sur l'action pharmacodynamique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre............ 294

Errata 296

79753 — 7-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 5 (30 Juillet 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une sorte de mutation physiologique observée chez la souris.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **B. Benzon.**

Il est largement démontré aujourd'hui que les animaux supérieurs ne tardent pas à succomber lorsqu'ils sont soumis à un régime alimentaire composé exclusivement de glucides, de lipides, de protides et de sels communs, quand toutes ces substances ont été purifiées de manière à ne plus contenir ces mystérieux infiniment petits chimiques que l'on appelle, en attendant de les mieux connaître, facteurs de croissance, vitamines, etc. On a observé, en outre, que les jeunes animaux ont à cet égard des besoins plus étendus et plus impérieux que les adultes.

Nous avons naturellement dû subir la conséquence de ces faits dans les recherches que nous avons entreprises pour savoir si le zinc présente quelque importance physiologique. Des souris, provenant de plusieurs élevages faits au laboratoire, ont été séparées de leur mère trois semaines après la naissance et nourries avec un mélange de substances organiques et minérales purifiées avec le plus grand soin. Une moitié des souris a reçu, en plus, une très petite quantité de sulfate de zinc. Toutes ces souris sont mortes après une période d'alimentation artificielle de 5 semaines, au maximum. Encore doit-on remarquer, pour bien apprécier la suite de cette observation, que les souris sans zinc ont vécu moins longtemps que les autres et n'ont pas dépassé 26 jours.

Il y a eu cependant une exception à ces résultats : une souris, sœur de celles qui ont constitué la série D des expériences que nous avons décrites anté-

rieurement (¹), s'est accommodée du régime artificiel, sans facteurs de croissance ou vitamines d'aucune sorte et sans zinc, cela sans éprouver le moindre trouble visible, pendant 11 semaines. Puis, assez brusquement, le 78ᵉ jour, elle a commencé à diminuer de poids et elle a présenté des signes de xérophtalmie (fermeture des paupières et suintement laiteux) dus à l'absence d'un des facteurs lipo-solubles dans le régime (²). Cette souris n'a succombé que le 82ᵉ jour, avec de la paralysie progressive des membres et, à la fin, des accidents cérébelleux, symptômes que l'on observe d'habitude à la suite d'une alimentation dépourvue de facteurs ou vitamines B. Ces symptômes ont d'ailleurs été de courte durée, ils n'ont éclaté que quelques heures avant la mort.

Quelle pouvait être la cause d'une si exceptionnelle résistance. Elle n'était pas liée à un poids originel particulièrement élevé : il s'agissait, en effet, d'une femelle pesant 5ᵍ,90 quand nous l'avons séparée de la mère, alors que deux de ses frères avaient exactement le même poids et que le troisième pesait 6ᵍ,40 (³).

Nous nous sommes demandé s'il n'y avait pas dans la flore intestinale de notre animal un microbe particulier, capable de produire les vitamines dont les aliments avaient été débarrassés. Nous avons alors essayé de nous en rendre compte en faisant ingérer une certaine proportion de ses excréments, dilués dans les substances alimentaires, à de nouvelles souris. Ces dernières sont mortes en même temps et avec les mêmes symptômes de polynévrite que les autres, nourries d'aliments purs.

Enfin, en observant avec attention notre souris, nous avons remarqué plusieurs fois qu'elle ingérait une partie de ses excréments, comme si, pourrait-on penser, elle cherchait à récupérer quelque substance précieuse qui, sans cela, aurait été perdue. Mais, tout d'abord, notre souris n'était

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 289.

(²) Nous n'avons jamais constaté de xérophtalmie chez les autres souris, soumises au même régime.

(³) Dans des recherches effectuées en vue de déterminer l'action du facteur liposoluble sur les rats, recherches dans lesquelles le régime était régulièrement additionné des autres facteurs sous forme d'extrait de levure et de jus d'orange, Drummond a remarqué que « parfois un individu très vigoureux continuait à se développer pendant quelques semaines après que la déficience avait été introduite » et il ajoute que de « tels animaux ne devraient pas être employés dans des expériences comparatives » (*Biochem. Journ.*, t. 13, 1919, p. 83). Dans notre observation, il ne s'agit pas d'un individu particulièrement vigoureux et la carence en vitamines était complète.

pas la seule à se comporter de cette manière; d'autres, qui moururent dans les délais ordinaires, en faisaient autant. Ensuite, d'après leur origine et comme le montre d'ailleurs le résultat négatif de l'expérience précédente, les excrétas ne devaient pas contenir de vitamines. Il est probable qu'il s'agissait ici d'un acte assez banal, comme on l'observe également chez les rats en régime carencé et même, dans les conditions ordinaires d'existence, chez des chiens, sans doute insuffisamment nourris. Les uns et les autres se jettent sur des substances variées qu'ils rencontrent, mais sans couvrir nécessairement ainsi les besoins de leur organisme.

A défaut d'autre explication, il faut peut-être voir dans l'exception remarquable que nous venons de signaler une sorte de mutation, de nature physiologique comparable aux mutations plus profondes et plus aisément perceptibles, puisque morphologiques, dont les belles et patientes recherches de de Vries ont démontré l'existence.

En tout cas, il y a là un fait dont l'importance ne saurait être négligée dans les études sur les facteurs de croissance et les vitamines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action condensante des alcoolates magnésiens mixtes* ROMgX. Note [1] de MM. **V. Grignard** et **M. Dubien**.

Bon nombre de chimistes qui ont eu l'occasion de faire réagir des organomagnésiens mixtes sur des aldéhydes ou des cétones ont signalé qu'au-dessus des alcools secondaires ou tertiaires normalement obtenus, on trouvait des produits plus condensés qui, la plupart du temps, n'ont pas été autrement étudiés. Quelques auteurs cependant en ont précisé la nature. C'est ainsi que I. Vanine [2] a trouvé du diœnanthol; V. Grignard et R. Escourrou [3], un produit de condensation de deux molécules de méthylhepténone naturelle avec élimination d'eau. Au cours de leurs recherches sur la butylidène-acétone, les auteurs ont eux-mêmes reconnu la formation, en présence d'organomagnésiens, d'un produit de duplication analogue au précédent.

Les conditions de production de ces corps les ont conduits à penser qu'ils pouvaient être dûs, non à l'action de l'organomagnésien dont l'aptitude

---

(1) Séance du 23 juillet 1923.

(2) *Bull.* 1916. Extr., p. 495.

(3) *Comptes rendus*, 1923, t. **176**, p. 186; Thèse de M. Escourrou, Lyon, 1922.

réactionnelle dans le sens prévu est trop grande, mais à l'alcoolate halogéno-magnésien qui est lui-même le produit normal de toutes ces réactions [1]. Ils ont institué dans ce but quelques expériences qui ont justifié leur hypothèse.

Action de C^2H^5OMgI *sur le butanal.* — Dans $\frac{1}{10}$ mol d'éthéro-iodure de méthylmagnésium, on a fait tomber goutte à goutte 5g d'alcool absolu dissous, dans volume égal d'éther anhydre. L'alcoolate formé ne se dissout qu'en petite quantité. Après refroidissement on introduit, en une seule fois, une demi-molécule de butanal qui se trouve ainsi dissous dans à peu près 160g (4 p.) d'éther, et l'on chauffe à l'ébullition pendant une demi-heure.

On décompose alors à froid sur de la glace, on dissout la magnésie avec de l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, on décante, on lave au bicarbonate de soude et on sèche sur le sulfate de magnésium anhydre. On distille ensuite l'éther à la colonne, mais on ne retrouve pas de butanal.

Le résidu est fractionné d'abord à la pression ordinaire, puis dans le vide; après distillation on a isolé :

1° Une portion 122°-125° (5g) qui est du butyrate d'éthyle;

2° Une portion plus faible passant d'abord à 50°-60° sous 14mm, puis à 163°-165° sous 750mm; c'est du butyrate de butyle.

Ces deux premières portions ont été identifiées par saponification.

3° La portion la plus importante passe à peu près entièrement à 103°-105° sous 14mm. Il ne reste dans le ballon que 2 à 3g d'un produit visqueux qui n'a pas été examiné (peut-être le polymère du précédent).

Le produit principal est le dibutanal qui, d'après ce que l'on sait sur la condensation des aldéhydes, doit répondre à la formule de l'éthyl-2 hexanol-3 al-1 :

$$CH^3-CH^2-CH^2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle C^2H^5}{\underset{|}{CH}}-CHO.$$

Analyse :

Trouvé.............	$C=66,2$	$H=11,2$
Calculé.............	$C=66,46$	$H=11,11$

$$d_{13}^4=0,9503,\qquad n_D^{13}=1,4449,$$

d'où

$$R_m=40,34\qquad(\text{calculé}=40,62).$$

C'est un liquide incolore d'odeur faible et un peu huileux. Il s'épaissit

[1] On connaît déjà d'ailleurs, depuis plus ou moins longtemps, l'action condensante des alcoolates de sodium, de magnésium et d'aluminium.

rapidement par suite du phénomène de polymérisation bien connu chez les aldols. Il donne une semi-carbazone bien cristallisée, fusible à 147°.

La formation des divers produits précédents s'explique aisément. L'éthylate, C^2H^5OMgI, agit principalement comme agent de condensation sur le butanal pour engendrer l'aldol correspondant, le dibutanal.

En même temps il réagit faiblement comme les alcoolates de magnésium ou d'aluminium, pour donner, par la réaction de Tistchenko (¹), du butyrate de butyle

$$2CH^3-CH^2-CH^2-CHO = CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-O-CO-C^3H^7.$$

Enfin le butyrate de butyle donne du butyrate d'éthyle par double décomposition avec l'éthylate iodomagnésien, comme l'a observé également le même savant (*loc. cit.*)

$$C^3H^7CO.OC^4H^9+C^2H^5OMgI = C^3H^7CO.OC^2H^5+C^4H^9OMgI.$$

L'alcool butylique résultant de cette réaction (après hydrolyse) est très peu abondant et il a disparu dans les eaux de lavage.

Action de C^2H^5OMgI *sur l'acétone.* — En faisant réagir comme précédemment $\frac{1}{10}$ de molécule d'éthylate iodomagnésien sur une demi-molécule d'acétone, mais en solution plus concentrée (60ᵍ d'éther), on obtient après 2 à 3 heures de chauffage 10 à 11ᵍ de diacétone-alcool. Ici la condensation est incomplète parce qu'il se fait vraisemblablement un équilibre comme dans les autres procédés de condensation conduisant à ce corps (²).

Action de l'alcoolate iodomagnésien du diméthyl α-pentène-carbinol sur la butylidène acétone. — Enfin, pour mieux mettre en évidence l'influence des alcoolates magnésiens qui prennent naissance au cours des réactions magnésiennes, nous avons préparé spécialement l'alcoolate magnésien qui se produit dans la réaction de CH^3MgI sur la butylidène-acétone et nous l'avons fait réagir sur cette même cétone éthylénique.

On obtient le produit de condensation de deux molécules, mais ce cétol se déshydrate partiellement à la distillation et il est préférable de le déshydrater complètement par chauffage avec une trace d'iode à 140°-150°. On isole alors à 145°-147° C., sous 15ᵐᵐ, un liquide incolore, d'odeur peu agréable, qui jaunit peu à peu à l'air. Il décolore le permanganate, réagit sur les magnésiens sans dégagement gazeux, ne donne pas de combinaison

---

(¹) *Bull. Soc. chim.*, Extr., 1901, p. 966.

(²) Voir R. Locquin, *Ann. de Chimie*, 1923, t. 19, p. 32.

bisulfitique, ni d'iodoforme par l'hypoïodite. C'est la dibutylidène-acétone, identique à celle que nous avons rencontrée au cours des réactions magnésiennes sur la butylidène-acétone. Sa formule est vraisemblablement

$$CH^3-CH^2-CH^2-CH=CH-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}=CH-CO-CH=CH-CH^2-CH^2-CH^3.$$

On a trouvé

$$\alpha^4_{10}=0,8833, \qquad n^{10}_D=1,4761,$$

d'où

$$R_m=65,80 \qquad \text{(calculé : 65,46).}$$

Analyse :

Trouvé.................	C = 81,37	H = 10,77
Calculé................	C = 81,55	H = 10,68

Les alcoolates iodomagnésiens se présentent donc comme des agents de condensation assez énergiques capables de produire sur les aldéhydes et sur les cétones des phénomènes d'aldolisation sans crotonisation.

Il est possible que leur emploi puisse rendre des services dans un certain nombre de cas. Aussi nous nous proposons de poursuivre l'étude de cette réaction pour déterminer l'influence de la nature de l'halogène, de l'alcool et celle des molécules à condenser.

PLIS CACHETÉS.

Mme veuve **Gueritot** demande l'ouverture de sept plis cachetés déposés, au cours de ces dernières années, par son mari.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent les documents suivants :

— Pli n° 8237, du 19 avril 1915 : *Rupteur à vibration libre et manipulateur;*

— Pli n° 8255, du 12 juillet 1915 : *Annonciateur et relai téléphonique;*

— Pli n° 8323, du 23 octobre 1916 : *Expérience effectuée le* 18 *octobre* 1916;

— Pli n° 8495, du 4 mars 1918 : *Épiphone;*

— Pli n° 8625, du 24 février 1919 : *Mémoire sur des procédés de sélection par différence des phases des vibrations de résonance;*

— Pli n° 8748, du 6 avril 1920 : *Dispositifs utilisant une variation de période d'un circuit oscillant, obtenue par l'action d'une triode;*

— Pli n° 8831, du 17 janvier 1921 : *Condensateur microphonique ultra-sensible.*

(Renvoi à l'examen de M. Gustave Ferrié.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Catalogue des manuscrits du Fonds* Cuvier, *conservés à la Bibliothèque de l'Institut de France*, par Henri Dehérain (Ouvrage publié sous les auspices de l'Académie des Sciences). Second fascicule.

2° Maurice Delacre. *Essai de philosophie chimique.*

3° *Documents relatifs au contrôle scientifique de la féculerie recueillis au cours de la campagne* 1922-1933, par P. Nottin. (Présenté par M. L. Lindet.)

4° *L'idée de la théorie de la relativité*, par H. Thirring, traduit de l'allemand par M. Solovine. (Présenté par M. P. Painlevé.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le champ de gravitation de deux masses fixes dans la théorie de la relativité.* Note de M. **Jean Chazy**, transmise par M. Émile Borel.

I. Le ds^2 d'un champ de gravitation statique et admettant un axe de révolution est de la forme

$$ds^2 = e^{2\alpha} dt^2 - e^{2\beta} d\varphi^2 - e^{2\gamma}(dx^2 + dy^2),$$

t désignant le temps, φ l'azimut autour de l'axe de révolution, x et y deux coordonnées réelles, orthogonales et isothermes dans le plan méridien, et enfin α, β, γ trois fonctions des deux variables x et y. Si l'on écarte des ds^2 euclidiens, et si l'on choisit des coordonnées orthogonales et isothermes convenables, X et Y, les dix équations d'Einstein $C_{\mu\nu} = 0$ se réduisent aux trois équations

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 \alpha}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \alpha}{\partial Y^2} + \frac{1}{X}\frac{\partial X}{\partial \alpha} = 0,$$

$$\beta = -\alpha + \log|X| + \text{const.},$$

$$\gamma = -\alpha + \int \left[\left(\frac{\partial \alpha}{\partial X}\right)^2 - \left(\frac{\partial \alpha}{\partial Y}\right)^2\right] X\, dX + 2\frac{\partial \alpha}{\partial X}\frac{\partial \alpha}{\partial Y} X\, dY.$$

II. Pour retrouver comme cas particulier du ds^2 précédent le ds^2 à symétrie sphérique de Schwarzschild, il suffit de choisir la solution de l'équation (1) définie par les équations

$$\alpha + \log \operatorname{th} \frac{x}{2}, \qquad X + iY = \operatorname{sh}(x + iy),$$

x étant positif et y variant de 0 à 2π. D'où l'expression

$$(2) \qquad ds^2 = \operatorname{th}^2 \frac{x}{2}\, dt^2 - 4a^2 \operatorname{ch}^4 \frac{x}{2} \cos^2 y\, d\varphi^2 - 4a^2 \operatorname{ch}^4 \frac{x}{2} (dx^2 + dy^2),$$

où a est une constante positive, et qui se déduit du ds^2 de Schwarzschild :

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2a}{r}\right) dt^2 - r^2 \cos^2 y\, d\varphi^2 - \left(1 - \frac{2a}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 dy^2,$$

par le changement de variable $r = 2a \operatorname{ch}^2 \frac{x}{2}$.

III. Si l'on choisit la solution de l'équation (1) définie par les équations

$$\alpha = k \log \operatorname{th} \frac{x}{2} + k_1 \log \operatorname{th} \frac{x_1}{2},$$
$$X + iY = \operatorname{sh}(x + iy), \qquad X + iY + ic = \operatorname{sh}(x_1 + iy_1),$$

k et k_1 désignant deux constantes positives de somme égale à un; c une constante réelle; x, x_1 des quantités positives et y, y_1 des quantités réelles variant de 0 à 2π, on obtient le ds^2 :

$$(4) \quad ds^2 = \operatorname{th}^{2k} \frac{x}{2} \operatorname{th}^{2k_1} \frac{x_1}{2}\, dt^2 - a^2 \frac{\operatorname{sh}^2 x \cos^2 y}{\operatorname{th}^{2k} \frac{x}{2} \operatorname{th}^{2k_1} \frac{x_1}{2}}\, d\varphi^2$$
$$- a^2 (dx^2 + dy^2) \frac{\operatorname{sh}^2 x + \cos^2 y}{\operatorname{th}^{2k} \frac{x}{2} \operatorname{th}^{2k_1} \frac{x_1}{2}} \left(\frac{\operatorname{sh}^2 x}{\operatorname{sh}^2 x + \cos^2 y}\right)^{k^2} \left(\frac{\operatorname{sh}^2 x_1}{\operatorname{sh}^2 x_1 + \cos^2 y_1}\right)^{k_1^2} \left(1 + \frac{2}{c} \frac{\sin y - \sin y_1}{\operatorname{ch} x + \operatorname{ch} x_1}\right)^{2kk_1},$$

où a est une constante positive et qui possède les propriétés suivantes :

1° Il satisfait rigoureusement aux dix équations d'Einstein.

2° Il ne change pas si l'on échange les deux systèmes de quatre quantités x, y, k, c et x_1, y_1, k_1, $-c$.

3° Le ds^2 (4) tend vers le ds^2 à symétrie sphérique (2) de la masse a quand k_1 ou k ou c tendent vers zéro.

4° Quand le point gravitant s'éloigne indéfiniment, c'est-à-dire, d'après la valeur du rayon du parallèle, quand les quantités x et x_1 croissent indéfiniment, le ds^2 (4) tend à devenir euclidien.

5° Si la constante c est beaucoup plus grande en valeur absolue que

l'unité, et la coordonnée x beaucoup plus petite que $\log|c|$, la quantité x_1 est voisine de $\log|c|$; et, si l'on pose $r = 2a\,\mathrm{ch}^2\frac{x}{2}$, les coefficients de dt^2, $d\varphi^2$, dr^2, dy^2, dans le ds^2 (4), sont voisins des coefficients du ds^2 (3) où a est remplacé par ka, et d'autant plus voisins que la constante c est plus grande.

Le ds^2 (4) satisfait ainsi aux conditions les plus simples qu'on peut imaginer d'introduire dans le problème fictif [1] du champ de gravitation de deux masses fixes de valeurs ka et $k_1 a$.

IV. Si l'on considère φ, X, Y comme des coordonnées cylindriques, l'équation (1) est la transformée de l'équation de Laplace, où manque la dérivée partielle par rapport à la variable φ; donc à toute fonction harmonique dans l'espace et inaltérée par rotation autour d'un axe de révolution correspond une solution de l'équation (1).

Si à la solution choisie au paragraphe III on ajoute le produit par $kk_1 c$ d'une solution arbitraire de l'équation (1), la propriété 3° subsiste pour le ds^2 déduit de la solution nouvelle obtenue. Les propriétés 4° et 5° subsistent si la fonction considérée α et ses dérivées partielles tendent convenablement vers zéro quand le point gravitant s'éloigne indéfiniment ou vient au voisinage des deux masses fixes.

La solution simple de l'équation (1)

$$\alpha = -\frac{lb}{\sqrt{x^2+y^2}} + \frac{l_1 b}{\sqrt{x^2+(y-d)^2}},$$

où l'on remplace X, Y par x, y, et où l, l_1, b, d désignent quatre constantes positives dont les deux premières ont pour somme l'unité, conduit au ds^2

$$ds^2 = e^{-\frac{2lb}{\sqrt{x^2+y^2}} - \frac{2l_1 b}{\sqrt{x^2+(y-d)^2}}}\,dt^2 - x^2 e^{\frac{2lb}{\sqrt{x^2+y^2}} + \frac{2l_1 b}{\sqrt{x^2+(y-d)^2}}}$$
$$- (dx^2+dy^2)\,e^{\frac{2lb}{\sqrt{x^2+y^2}} + \frac{2l_1 b}{\sqrt{x^2+(y-d)^2}} - \frac{l^2 b^2 x^2}{(x^2+y^2)^2} - \frac{l_1^2 b^2 x^2}{[x_1^2 (y-d)^2]^2} + \frac{4 l l_1 b^2}{d^2}\left[\frac{x^2+y(y-d)}{\sqrt{(x^2+y^2)[x^2+(y-d)^2]}} - 1\right]}.$$

Quand l, m, d tendent vers zéro, cette dernière expression tend vers le ds^2

$$ds^2 = e^{\frac{-2b}{\sqrt{x^2+y^2}}}\,dt^2 - x^2 e^{\frac{2b}{\sqrt{x^2-y^2}}}\,d\varphi^2 - (dx^2+dy^2)\,e^{\frac{2b}{\sqrt{x^2+y^2}} - \frac{b^2 x^2}{(x^2+y^2)^2}},$$

qui ne possède pas la symétrie sphérique.

---

[1] Dans une Thèse soutenue le 9 juin devant la Faculté des Sciences de Paris, M. Horace Levinson a étudié dans ce problème les développements des coefficients du ds^2 suivant les puissances des masses.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le nombre des valeurs exceptionnelles des fonctions multiformes.* Note [1] de M. **Th. Varopoulos**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. Je considère une fonction multiforme $u(x)$ ayant un nombre fini ν de branches et qui satisfait à une équation de la forme

$$f(x, u) = u^{\nu} + A_1(x)u^{\nu-1} + A_2(x)u^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu}(x) = 0, \tag{1}$$

où les $A_i(x)$ désignent des fonctions entières de x.

Toute valeur u_0 de u telle que l'équation $u(x) = u_0$ n'admet qu'un nombre fini de racines doit être considérée comme exceptionnelle, car le nombre de ces valeurs est fini, comme nous allons le voir.

J'ai démontré [2] que, s'il n'existe aucune relation algébrique à coefficients constants entre les $A_i(x)$, le nombre des valeurs exceptionnelles finies est inférieur à $\nu + 1$.

2. M. Montel m'a conseillé de rechercher le rôle des relations *linéaires* à coefficients constants entre les fonctions $A_i(x)$ et a bien voulu m'indiquer la marche à suivre. Guidé par ses indications, je suis arrivé aux résultats suivants :

I. Théorème général. — *Une transcendante algébroïde quelconque à ν branches, définie par une équation de la forme* (1) *prend, dans le domaine de l'infini toutes les valeurs, sauf peut-être* $\nu + \lambda + 1$; λ *désignant le nombre de relations linéaires à coefficients constants entre les fonctions* $A_i(x)$.

Ce théorème peut s'énoncer sous la forme suivante :

La différence entre le nombre λ de relations linéaires à coefficients constants qui lient les fonctions $A_1(x)$, $A_2(x)$, ..., $A_{\nu}(x)$ et le nombre maximum des valeurs exceptionnelles de la transcendante $u(x)$ est toujours $\nu + 1$, ν *étant le nombre des branches.*

Par exemple, la fonction $u(x)$ définie par l'équation

$$u^3 + A_1(x)u^2 + A_2(x)u + A_3(x) = 0,$$
$$A_1 = e^x - 9, \qquad A_2 = 20 - 5e^x, \qquad A_3 = 6e^x$$

admet les valeurs exceptionnelles 2, 3, 4, 5, ∞. Nous avons ici deux relations linéaires

$$4A_1 + 2A_2 + A_3 = 4, \qquad 9A_1 + 3A_2 + A_3 + 21 = 0;$$

---

[1] Séance du 23 juillet 1923.

[2] *Thèse de doctorat*, Paris, 1923.

le nombre des valeurs exceptionnelles atteint ici son maximum. Voici un exemple où le nombre de ces valeurs est inférieur :

$$u^3 + A_1 u^2 + A_2 u + A_3 = 0, \quad A_1 = x - 6, \quad A_2 = e^x - 3x + 11, \quad A_3 = 2x - 3e^x - 6;$$

avec la relation

$$7A_1 + 3A_2 + A_3 + 15 = 0.$$

Comme l'équation s'écrit

$$(u^3 - 6u^2 + 11u - 6) + e^x(u - 3) + x(u^2 - 3u + 2) = 0,$$

on voit que les valeurs exceptionnelles de la transcendante sont 1, 2, 3, ∞.

II. Le théorème ci-dessus énoncé correspond au cas où tous les $A_i(x)$ ont une seule valeur exceptionnelle, la valeur ∞. Nous avons pu nous borner, sans nuire à la généralité, au cas où le coefficient de u^ν dans l'équation qui définit la transcendante est une constante. Soit, en effet, l'équation

$$f(x, u) = A_0(x)\, u^\nu + A_1(x)\, u^{\nu-1} + \ldots + A_\nu(x) = 0,$$

où $A_0(x)$ n'est pas une constante. Il nous suffit d'une valeur u_0 exceptionnelle pour ramener ce cas au cas précédent, en faisant la transformation $y = \frac{1}{u - u_0}$. En effet, après cette transformation, les coefficients dans l'équation $f(x, y) = 0$ n'auront pas de pôles dans le domaine de l'infini puisque le coefficient de y^ν sera $f(x, u_0)$, qui est de la forme $p(x)e^{q(x)}$, $p(x)$ étant un polynome.

III. Considérons un polynome

$$\varphi(u) = u^\nu + a_1 u^{\nu-1} + a_2 u^{\nu-2} + \ldots + a_\nu,$$

où les a_i ne sont pas tous des nombres algébriques, et soit λ le nombre des relations linéaires à coefficients algébriques entre les a_i. Posons $x = \varphi(u)$ et considérons la fonction algébrique $u = f(x)$ ainsi définie :

Il est impossible d'avoir $\lambda + \nu + 1$ *nombres algébriques :* $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{\nu+\lambda}$ *tels que les équations :*

$$f(x) = u_0, \quad f(x) = u_1, \quad f(x) = u_2, \quad \ldots, \quad f(x) = u_{\nu+\lambda},$$

admettent des racines de la forme Ae^α, *les nombres* A, α *étant algébriques.*

IV. Notre proposition I reste valable quand on remplace λ par le nombre $\mu \leqq \lambda$ des relations linéaires à coefficients constants entre les $A_i(x)$ de la forme

$$h^{\nu-1}A_1 + h^{\nu-2}A_2 + \ldots + hA_{\nu-1} + A_\nu = c,$$

h, c étant des constantes.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure de la résistance de l'air sur le matériel des chemins de fer*. Note (¹) de MM. **Ch. Maurain**, **A. Toussaint** et **R. Pris**, présentée par M. J.-L. Breton.

Les évaluations faites jusqu'à présent de la résistance de l'air sur les éléments des trains de chemin de fer sont déduites des résultats de mesures globales de la résistance totale; la résistance totale est représentée en fonction de la vitesse par des formules empiriques de diverses formes, par exemple de la forme $a + bV + cV^2$; on admet alors que le terme en V^2 représente la résistance de l'air et les autres termes les résistances mécaniques. L'un de nous a fait une étude critique d'évaluations de ce genre (²); ces évaluations sont assez divergentes; on en peut cependant déduire que la proportion de la résistance de l'air dans la résistance totale, proportion qui croît très vite avec la vitesse, dépasse le tiers de la résistance totale à la vitessse de $100 \frac{\text{kilomètres}}{\text{heure}}$.

Il était désirable d'obtenir des évaluations par des mesures directes faites sur de petits modèles. Ce sont des mesures de ce genre que nous avons exécutées. Elles nécessitaient la construction de petits modèles spéciaux très soignés; cette construction a été réalisée par M. Munaret. La chambre d'expériences du tunnel aérodynamique qui nous a servi a un diamètre de 2^m et une longueur de 6^m, et permet les mesures dans de bonnes conditions, qui seront décrites, ainsi que le détail des résultats, dans une autre publication.

Les expériences ont porté sur des modèles au $\frac{1}{20}$ du matériel des rapides du réseau de l'État (locomotive, 231-501; tender, 22, 114; wagon, AA^{fpy}, 7050; fourgon D^f, 7001); ces éléments constituaient un petit train d'une longueur de 270^{cm}; on pouvait mesurer la résistance de l'air soit sur l'ensemble du train, soit sur un élément en présence du train, soit sur un élément isolé.

On a aussi établi, pour évaluer l'économie maximum de résistance qui pourrait être obtenue par une modification de la construction du matériel, un petit train fictif, dont les éléments étaient réduits à des prismes ayant

---

(¹) Séance du 23 juillet 1923.

(²) *Bulletin de la Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions*, avril 1921, p. 206.

pour section droite l'encombrement transversal maximum des modèles réels, et avec lesquels on pouvait constituer un train monobloc ayant la même longueur que le petit train réel, et réaliser diverses combinaisons comportant des césures de largeurs diverses et des fuselages.

Les dispositifs de suspension des modèles dans le courant d'air, par fils, sont très simples, et la correction correspondant à l'action de l'air sur la suspension était beaucoup plus faible, proportionnellement, que dans la plupart des mesures relatives au matériel de navigation aérienne. Les éléments étaient suspendus au-dessus d'un mince plancher figurant le sol, et dont le rôle a été étudié.

Chaque mesure était faite à des vitesses allant d'environ 18 à 45 $\frac{\text{mètres}}{\text{seconde}}$; le rapport $\frac{R}{V^2}$ de la résistance au carré de la vitesse s'est montré peu variable avec la vitesse, comme cela se produit généralement pour des corps de forme complexe et de résistance assez grande. Il semble donc qu'on puisse avec une bonne approximation étendre au matériel en vraie grandeur non seulement les rapports des résultats obtenus sur les petits modèles, mais aussi les valeurs absolues.

Le Tableau suivant résume les principaux résultats en donnant le coefficient $k = \frac{R}{V^2}$ pour une partie des combinaisons étudiées, r étant exprimé en grammes-poids et V en $\frac{\text{mètres}}{\text{secondes}}$.

Train formé des quatre éléments indiqués	2,045
» » avec coupe-vent et fuselage arrière.	1,88
Locomotive et tender en présence du train	1,23
Locomotive et tender isolés	1,38
Locomotive et tender isolés, avec coupe-vent	1,31
Fourgon arrière en présence du train	0,465
Fourgon isolé	1,21
Fourgon isolé avec fuselage arrière	1,095
Wagon en présence du train (derrière le tender)	0,39
Wagon en présence du train (derrière le tender modifié en aspect de wagon).	0,36
Wagon isolé	0,985
Train fictif monobloc, avec avant arrondi et fuselage arrière.	0,638
» » passé à l'émaillitte	0,583
» » passé en plus au vernis.	0,570

On voit que la résistance du train fictif est seulement 28 pour 100 environ de la résistance sur le train réel; la substitution de l'un à l'autre corres-

pondrait ainsi à une économie de 72 pour 100 sur la résistance; on ne peut évidemment espérer ce résultat dans la pratique, mais cette valeur indique l'importance des économies possibles.

Si l'on applique les résultats au matériel en vraie grandeur, 20 fois plus grand, la résistance de l'air est en kilogrammes-poids, à une vitesse

$$\mathrm{V} \text{ en } \frac{\text{mètres}}{\text{seconde}}, \qquad \mathrm{R} = 0{,}400.k.\mathrm{V}^2,$$

et la puissance correspondante en chevaux est

$$\frac{0{,}400.k.\mathrm{V}^3}{75} = 0{,}00533.k.\mathrm{V}^3.$$

L'application à un train ayant une composition analogue à celle des rapides ordinaires (locomotive, tender, 10 wagons, 1 fourgon arrière) conduit aux valeurs suivantes :

V en $\frac{\text{mètres}}{\text{seconde}}$	20 (ou 72 $\frac{\text{km}}{\text{heure}}$),	25 (ou 90 $\frac{\text{km}}{\text{heure}}$),	30 (ou 108 $\frac{\text{km}}{\text{heure}}$),	40 (ou 144 $\frac{\text{km}}{\text{heure}}$).
Puissance (en chevaux).	226	440	760	1805

L'économie maximum de 72 pour 100 indiquée plus haut correspondrait, par exemple, à la vitesse de 90 $\frac{\text{km}}{\text{heure}}$ qui est à peu près la vitesse moyenne des rapides, à une économie de puissance d'environ 320 chevaux pour ce train. La discussion, qui sera donnée ailleurs, des puissances correspondant aux césures, aux formes avant et arrière, au frottement de l'air sur les surfaces latérales, permet de rendre compte des modifications qui donneraient les économies les plus notables. Il y aurait intérêt, étant donnée l'importance que prend la résistance de l'air aux vitesses atteintes par les trains rapides, à utiliser de tels renseignements dans l'établissement de nouveaux projets de matériels et à exécuter des mesures sur petits modèles analogues à celles dont nous rendons compte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'obtention, par traitement thermique, d'alliages légers d'aluminium à haute résistance ne contenant pas de magnésium.* Note de MM. **Albert Portevin** et **François Le Chatelier**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note présentée le 19 février dernier [1], nous avions signalé incidemment (p. 510) que les alliages légers d'aluminium du type sans magnésium permettaient d'atteindre des résistances à la traction R de l'ordre de 45 kg/mm²; les valeurs de R supérieures à 40 kg/mm n'ayant été réalisées jusqu'à présent que pour les alliages légers au magnésium.

Il nous paraît opportun d'indiquer dans quelles conditions de traitement thermique et à la suite de quelles études, il nous a été permis d'obtenir ces résultats.

Nous avons procédé à l'étude systématique des traitements thermiques de ces alliages au cuivre, en examinant principalement l'influence de la température de trempe, celle de la température et de la durée du revenu sur les propriétés mécaniques caractérisées par l'essai de traction, la dureté à la bille Δ_r, l'essai de rebondissement Shore et l'essai de rupture par pliages alternés sur tôles.

Parmi les résultats obtenus, nous citerons, à titre d'exemple, ceux faisant l'objet des figures 1 et 2. La figure 1 présente l'effet de la température de trempe sur les diverses caractéristiques pour un alliage d'aluminium (4,3 pour 100 Cu; 0,8 pour 100 Mn et 0,38 pour 100 Si) trempé à l'eau en tôles de 2^{mm} et revenu 300 heures à 110°. On remarquera en particulier l'invariabilité des allongements de rupture A qui se poursuit à travers tous les traitements thermiques; par ailleurs, toutes les autres propriétés étudiées accusent des variations progressives, le maximum d'effet n'étant atteint que lorsque la température de trempe dépasse 525°.

La figure 2 montre l'influence, sur la dureté Shore H, de la température et de la durée de revenu pour un alliage (4,3 pour 100 Cu; 0,74 pour 100 Mn et 0,26 pour 100 Si) trempé à 550° dans l'eau en tôles de 2^{mm} d'épaisseur. Contrairement à ce qui se passe pour les alliages au magnésium, il n'y a pas durcissement spontané à la température ambiante; le maximum de dureté

[1] Albert Portevin et François Le Chatelier, *Sur un phénomène observé lors de l'essai de traction d'alliages en cours de transformation* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 507).

(et de charge de rupture) n'est pratiquement atteint que lorsque la température de revenu dépasse 100°. Par contre, si cette température de revenu s'élève au-dessus de 150°-170°, la prolongation du traitement amène l'adoucissement par coalescence de Al^2Cu. L'étude de la dureté de ces alliages aux diverses températures confirme par ailleurs cette dernière conclusion.

Diverses de ces constatations peuvent être généralisées en s'appuyant sur l'ensemble des résultats obtenus; de sorte que l'on peut mettre en évidence les points caractéristiques des traitements thermiques de ces alliages de la manière suivante en les comparant à ceux des alliages au magnésium, ce qui fait ressortir les différences essentielles :

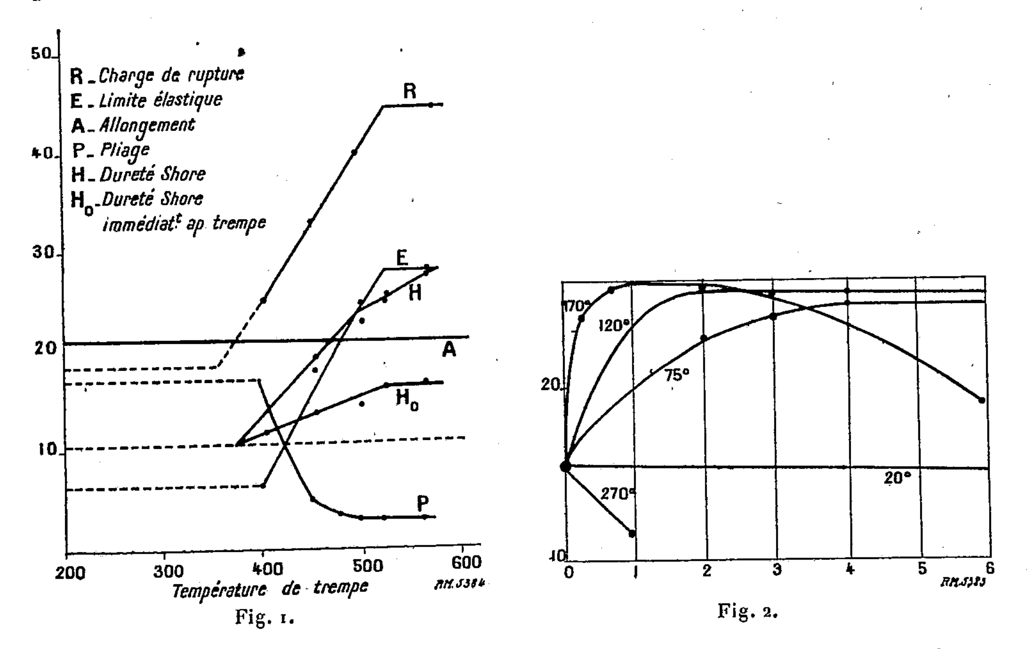


Fig. 1. Fig. 2.

1° Les alliages légers à base de magnésium (duralumins) acquièrent leurs caractéristiques mécaniques optimum après trempe entre 475° et 500° [1] suivie d'un revenu spontané à la température ambiante; on atteint ainsi $R > 40$ kg/mm² avec $A = 15$ à 20 pour 100. En élevant la température de trempe au-dessus de 500°-525°, on a successivement la chute de A, puis celle de R et de Δ et enfin le commencement de fusion de l'eutectique qui se traduit notamment par l'apparition de pustules à la surface des pièces [2].

---

[1] Grard, *L'aluminium et ses alliages*. Paris, Berger-Levrault, 1920.

[2] La surfusion de l'eutectique au cours de la trempe à haute température a pu être mise en évidence thermiquement dans des expériences faites avec M. Garvin.

2° Les alliages légers exempts de magnésium à base de cuivre n'acquièrent les caractéristiques mécaniques optima que lorsque la température de trempe est supérieure à 525° et lorsque la température de revenu est supérieure à 100°; on réalise ainsi $R > 40$ kg/mm² avec $A \geqq 20$ pour 100; ils ne subissent pas le revenu spontané à l'ambiante. Les résultats mécaniques sont améliorés, comme pour les duralumins, par l'addition en petite quantité d'autres métaux, tels que le manganèse en dose de l'ordre de 1 pour 100; mais ce dernier élément n'intervient pas directement dans les phénomènes de trempe (¹), lesquels sont dus aux variations de solubilité à l'état solide de la combinaison Al^2Cu, ainsi que cela résulte d'une étude du mécanisme de la trempe et des vitesses de transformation de ces alliages, étude effectuée d'autre part avec M. Chevenard par voie dilatométrique.

Ces deux catégories d'alliages sont donc nettement distinctes; les alliages sans magnésium présentant sur les autres l'avantage de la stabilité à l'ambiante après trempe, ce qui permet de les travailler dans cet état. On est donc parvenu, par l'étude systématique des conditions du traitement thermique, à être en possession d'un nouveau type d'alliage léger à haute résistance.

Pour les deux catégories d'alliages, la trempe s'effectue à l'eau ou à l'air suivant l'épaisseur des pièces.

Il est à noter que, pour les alliages légers trempants, le revenu après trempe, spontané ou non, se traduit en général par un accroissement de résistance électrique.

Dans tout ce qui précède, on n'a envisagé que des alliages ayant subi un traitement mécanique (filage, laminage, forgeage) après coulée; mais, en combinant judicieusement les traitements thermiques, on peut améliorer notablement les propriétés de ces alliages à l'état brut de coulée et atteindre ainsi des résistances dépassant 30 kg/mm² avec des allongements de rupture de l'ordre de 5 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réduction photochimique du sulfure de zinc.* Note (²) de MM. **André Job** et **Guy Emschwiller**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude chimique du mécanisme des réactions nous révèle l'existence de formes transitoires instables. L'interprétation physique des vitesses nous

(¹) A. Portevin et P. Chevenard, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 296.
(²) Séance du 23 juillet 1923.

impose d'autre part la notion des formes critiques actives. Il paraît désirable de relier ces deux conceptions par l'expérience. Une étude photochimique du sulfure de zinc pourra peut-être y contribuer.

Il arrive que le sulfure de zinc blanc noircit sous l'action de la lumière, et l'on peut noter que toutes les variétés susceptibles de noircir ont été calcinées, que toutes contiennent, fût-ce à l'état de traces, des éléments étrangers, métaux ou métalloïdes, enfin qu'aucune d'elles n'est rigoureusement anhydre. Ce phénomène singulier, observé d'abord sur le lithopone, puis, beaucoup plus tard, sur des écrans phosphorescents, a donné lieu à un grand nombre de recherches, et l'on a tenté vainement d'en donner une explication satisfaisante. Notre premier souci n'a pas été de la trouver, mais de fixer, par une analyse rigoureuse, des faits qui n'avaient été qu'entrevus. En procédant ainsi nous avons établi des relations qu'on avait méconnues, et nous nous sommes approchés de l'explication désirée.

Les chimistes ont vu tout d'abord dans la couleur gris ardoisé du sulfure insolé un indice de la présence du zinc. Et O'Brien (*J. of Ph. Ch.*, 1915), qui a fait des observations soignées sur ce sujet, a pensé le caractériser par son pouvoir réducteur sur le ferricyanure. Cette preuve ne nous a pas suffi. Nous avons voulu faire une démonstration certaine sur des quantités assez importantes. A cet effet, nous avons mis en suspension dans l'eau, à l'abri de l'air, quelques grammes de sulfure sensible, et, dans un ballon de quartz constamment agité et refroidi, nous l'avons exposé aux rayons d'une lampe à mercure. En moins d'une heure nous avions formé plusieurs centigrammes de zinc : une telle quantité ne laisse place à aucune erreur. On dose le zinc par l'hydrogène qu'il dégage au contact des acides ou des alcalis; on vérifie qu'il déplace le cuivre du sulfate de cuivre. De plus, l'analyse peut s'étendre aux autres produits de la réaction. Nous avons constaté, à côté du zinc, la libération corrélative du soufre; un épuisement par CCl^4 permet de le faire cristalliser et de le peser. Le soufre et le zinc sont donc les produits principaux. Mais il y en a d'autres. En effet, dans l'atmosphère du ballon, nous avons trouvé et mesuré de l'hydrogène, et dans l'eau, nous avons révélé la présence d'un sel de zinc de la série thionique. Nous verrons plus loin comment s'explique l'apparition de ce sel. Quant à l'hydrogène, nous en avons reconnu la source la plus importante : le zinc très divisé réagit sur l'eau dès la température de l'expérience [1]. Mais une autre réaction peut aussi en

[1] Cette réaction, purement chimique, est antagoniste du noircissement. Au contact de l'air et de l'eau, une autre réaction antagoniste, bien plus rapide, est l'oxydation du zinc. Ces faits expliquent la rétrogradation apparente du noircissement après qu'on a soustrait le sulfure à l'influence des rayons.

produire de petites quantités. Nous avons observé (et O'Brien l'avait notée aussi) la formation transitoire de H^2S; or, nous avons d'autre part démontré que les radiations de la lampe à mercure décomposent H^2S en soufre et hydrogène. Au total, quand on fait le bilan de la réaction, on trouve que les valences du soufre (divalent) correspondent exactement à la somme des valences zinc et hydrogène.

Tels sont les résultats de l'analyse. Une autre indication, très précieuse, est la vitesse du noircissement. Elle dépend de la sensibilité du sulfure mis en expérience. En cherchant les caractéristiques d'un sulfure sensible, nous avons trouvé que le noircissement exige nécessairement deux conditions : 1° il faut que le sulfure soit phosphorescent; 2° il faut qu'il soit hygroscopique. Plus exactement, *la rapidité du noircissement varie comme le produit de deux facteurs, l'intensité de phosphorescence et la capacité hygroscopique.*

Cette connexion entre la phosphorescence et le noircissement nous paraît importante pour l'étude de la phosphorescence elle-même. Dès maintenant retenons ceci : le fait que nous pouvons décomposer, par la voie du noircissement, la totalité du sulfure de zinc sensible nous conduit à penser que toutes ses molécules sont susceptibles de phosphorescence.

Précisons les conditions de lumière. Les radiations qui produisent le noircissement commencent, dans le spectre de l'arc au mercure, à $0^{\mu},334$. Lenard [1] les a déterminées avant nous. Il observe que la phosphorescence est excitée déjà par des fréquences moindres et il se croit autorisé à dire qu'il n'y a aucun rapport entre la phosphorescence et le noircissement. Cette conclusion n'est nullement justifiée. Dès qu'on atteint une certaine fréquence qui donne le seuil du noircissement, les deux phénomènes vont de pair dans le spectre de l'arc au mercure; on y trouve un maximum commun pour $0^{\mu},312$.

Sur l'ensemble de ces données, nous pouvons presque reconstituer le phénomène et nous en faire une image précise. Pour préparer un sulfure sensible, il a fallu le calciner (avec certaines impuretés); nous l'avons amené ainsi à un état métastable. Des radiations propres à exciter la phosphorescence, saisissant les molécules dans cet état métastable, les élèvent jusqu'à certains états critiques, et dans les conditions ordinaires, si le sulfure est anhydre, elles retombent ensuite à l'état métastable avec émission de lumière [2]. Mais le sulfure est hygroscopique, c'est-à-dire que des molécules d'eau sont présentes partout, côte à côte avec ses molécules.

---

(1) *Ann. der Physik*, 1922.

(2) Voir Perrin, *Annales de Physique*, 1921.

Une hydrolyse en résulte (surtout pour les molécules critiques) avec production de H^2S et de $Zn(OH)^2$. (Un excès de H^2S apporté dans le système doit s'opposer à l'hydrolyse; en fait, il s'oppose à la décomposition photochimique.) Il nous suffit à présent de supposer que, pendant l'éclairement, une molécule critique de sulfure réagit sur l'hydroxyde, sensibilisé lui-même par la lumière. Dès lors, au lieu de retourner à l'état métastable, elle réduit cet hydroxyde en donnant du zinc et de l'acide sulfureux. SO^3H^2 et H^2S réagissent aussitôt pour donner du soufre et de l'eau (en même temps que de l'acide pentathionique). Et l'on trouvera finalement comme produits principaux du soufre et du zinc ([1]). Ainsi, pendant l'éclairement, l'hydroxyde de zinc issu de l'hydrolyse est l'accepteur d'une forme critique du sulfure.

Au total, nous assistons à une véritable métallurgie photochimique du zinc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'évaporation du carbone.* Note ([2]) de MM. **Wertenstein** et **Jedrzejewski**, présentée par M. Jean Perrin.

Lummer ([3]) puis Mlle Kohn ([4]) ont étudié les variations d'éclat d'un arc à charbon, brûlant dans l'air à des pressions différentes. Ils ont établi que la température du cratère positif augmente avec la pression et qu'elle est indépendante de la puissance dépensée. Fajans ([5]), à ce sujet, et reprenant une ancienne idée de M. Violle, suppose que la pression sous laquelle l'arc fonctionne est égale à la pression saturante de la vapeur de carbone, à la température du cratère. Les calculs de Fajans, perfectionnés par suite des expériences de Mlle Kohn, conduisent à admettre, pour la chaleur atomique de sublimation du carbone à la température ambiante, une valeur voisine de $166\,000^{cal}$.

Il nous a semblé qu'un régime d'arc ne pouvait pas être assimilé à un état d'équilibre thermodynamique. A la température de 4200° abs., qui constitue

([1]) $2ZnS + 2H^2O \rightleftharpoons 2ZnO + 2H^2S$; $ZnS + 2ZnO +$ lumière $\rightarrow SO^2 + 3Zn$; $SO^2 + 2H^2S \rightarrow 2H^2O + 3S$ et $10SO^2 + 5H^2S \rightarrow 3S^5O^6H^2 + 2H^2O$.

([2]) Séance du 23 juillet 1923.

([3]) Lummer, *Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnen temperatur*, 1914.

([4]) H. Kohn, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 3, 1920, p. 143.

([5]) K. Fajans, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 1, 1920, p. 101.

pour Lummer, le point d'ébullition du carbone, le cratère rayonne environ 1000 watts par unité de surface et l'on conçoit aisément que dans ces conditions c'est le rayonnement qui joue un rôle essentiel pour régler le régime des températures. La constance de la température et son indépendance de la puissance mise en jeu s'explique immédiatement par le fait que l'étendue du cratère est sensiblement proportionnelle à la puissance. Les effets calorifiques de l'évaporation du cratère ne peuvent jouer ici qu'un rôle secondaire, un arc de 450 watts, ne consommant, en vase clos, que $4^g,2$ de charbon positif par heure [1], c'est-à-dire d'après les calculs de Mlle Kohn, 67 watts environ. La variation de la température du cratère avec la pression tient probablement surtout au fait que la chute de potentiel dans l'arc augmente lorsque la pression s'élève.

Pour ces raisons, nous avons étudié la volatilité du carbone par une méthode moins sujette à critique, celle de l'évaporation dans le vide, méthode appliquée par Langmuir [2] dans le cas du tungstène.

Le noircissement des lampes à filament de carbone est connu depuis longtemps et a été attribué tantôt à l'évaporation du filament, tantôt à sa pulvérisation. Il nous a semblé que la réponse à cette question devait être fournie par l'étude même de la volatilisation du filament en fonction de la température.

En effet d'après Knudsen [3] et Langmuir [4] la vitesse d'évaporation m d'un corps pur est égale dans le vide à

$$m = \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}}\,p, \tag{1}$$

m étant la masse de substance volatilisée par unité de temps et de surface, M la masse moléculaire, p la pression saturante de la vapeur de corps étudié. Cette formule est valable, sous la seule restriction d'une pureté absolue de la surface du corps qui s'évapore.

Or il est évident que pour le carbone, extrêmement réfractaire, cette condition sera remplie d'autant mieux que la température sera plus élevée. D'autre part, on voit que la vitesse d'évaporation doit augmenter très rapidement avec la température, à cause du caractère de la relation

$$p = f(T),$$

---

(1) M. Leblanc, *Arc électrique* (*Conférences-Rapports*, p. 56).

(2) J. Langmuir, *Phys. Zeitschr.*, t. 14, 1913, p. 1273.

(3) Knudsen, *Ann. d. Phys.*, t. 23, 1909, p. 193.

(4) Langmuir, *loc. cit.*

alors que la pulvérisation n'augmente pas, avec la température, avec une grande rapidité. Pour ces raisons, nous avons étudié la volatilisation des filaments dans une région de températures notablement supérieures à celles du régime de fonctionnement des lampes à incandescence.

Dans nos expériences, les températures des filaments ont été déduites de leur rayonnement, en adoptant pour le pouvoir émissif I du carbone la valeur trouvée par Lummer :

$$I = \mu T^4, \qquad \mu = 7,25 . 10^{-13} \text{ cal : cm}^2\text{-sec.}$$

La puissance électrique mise en jeu étant P, on a, dans le vide, très sensiblement, S étant la surface du filament,

$$P = 4,17 \mu S T^4.$$

Pour mesurer la vitesse d'évaporation des filaments, on déterminait, avant et après la chauffe à haute température, leur masse par la pesée et leur diamètre par la mesure au microscope.

On a utilisé des filaments droits provenant des lampes Pintsch et A.E.G. fixés à des fils de platine épais et soudés dans des ampoules de verre, réunies à une pompe à diffusion.

La chaleur atomique Q de sublimation du carbone est donnée à température suffisamment élevée par la formule (utilisée par Fajans)

$$\lambda = \lambda_0 - 1,5 T, \tag{2}$$

λ_0 étant la chaleur de sublimation rapportée au zéro absolu. Cette formule, jointe à la relation de Clapeyron, conduit à la relation

$$\log p = C - \frac{0,218 \lambda_0}{T} - 0,75 \log T. \tag{3}$$

On déduit enfin de (3) et de (1)

$$\log m = C - \frac{1}{2} \log \frac{M}{2\pi R} - \frac{0,218\lambda_0}{T} - 1,25 \log T \tag{4}$$

$$= C' - \frac{0,218\lambda_0}{T} - 1,25 \log T.$$

Pour utiliser nos mesures, nous avons porté $\log m + 1,25 \log T$ en fonction de $\frac{1}{T}$. Les points expérimentaux se rangent bien, pour des températures comprises entre 2800° et 3500° abs., sur une droite représentée par l'équation

$$\log m = 14,19 - \frac{47000}{T} - 1,25 \log T. \tag{5}$$

Pour des températures inférieures, l'accord est moins bon. Nous avons admis qu'à des températures supérieures à 2800° abs. la pulvérisation est négligeable par rapport à l'évaporation régulière.

Cette manière de voir est corroborée à notre avis par le fait que, pour des filaments chauffés au-dessus de 2800°, le sublimé a une apparence nettement cristalline, à symétrie trigonale.

On déduit de (5), pour la pression saturante de la vapeur de carbone,

$$\log p\,(\text{mm Hg}) = 14,87 - \frac{47000}{T} - 0,75 \log T \ldots \quad (6)$$

Par extrapolation de la formule (6), on trouve, pour la température absolue d'ébullition de carbone, 5100°, donc une température notablement supérieure à celle du cratère positif.

En comparant (6) et (3) on voit que la chaleur de sublimation λ_0 est égale à 216000^{cal}.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un procédé de fractionnement thermique des gaz de la carbonisation des combustibles solides.* Note [1] de M. P. LEBEAU, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les résultats qui font l'objet de cette Communication ne se rapportent qu'à une partie restreinte des produits de la carbonisation des combustibles solides, mais qui présente l'intérêt de n'avoir pas encore été étudiée d'une façon systématique, jusqu'ici. Il s'agit de la détermination de la quantité et de la composition des produits gazeux qui prennent naissance dans la carbonisation des combustibles solides, lorsqu'on les chauffe dans le vide, à diverses températures. A. Pictet [2] et ses collaborateurs ont volontairement négligé cette étude et ont concentré leurs efforts sur l'analyse des produits liquides [3].

---

[1] Séance du 18 juin 1923.

[2] A. PICTET, *Annales de Chimie*, t. 10, 1918, p. 249.

[3] BURGESS et WHEELER, *Journal of the Chemical Society*, t. 97, 1910, p. 1917, puis LÉO VIGNON, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1514, ont déterminé la composition des gaz résultant de la carbonisation de la houille à diverses températures et sous la pression ordinaire.

Plus récemment, divers auteurs ont donné la composition des gaz provenant de la carbonisation des principaux combustibles solides. Mais, on ne saurait tirer de ces déterminations, faites le plus souvent dans des conditions fort différentes, des conclusions d'un caractère général.

Nous avons été conduit à entreprendre ce travail au cours de l'examen d'échantillons d'anthracites provenant des mines de Saint-Martin-de-Valgalgues, mis à notre disposition par M. J. Royer, directeur des Mines du Nord d'Alais, pour en étudier les matières volatiles. Les premiers résultats, obtenus en soumettant à cet effet ces charbons à l'action de la chaleur et du vide, nous ont fait pressentir l'intérêt que pouvait présenter la généralisation de cette étude.

Le mode expérimental est le suivant :

Un gramme d'un combustible solide, provenant d'un échantillon de composition connue, est placé dans un tube de quartz chauffé au moyen d'un four électrique à résistance dont la température est donnée par un couple thermo-électrique de M. Le Chatelier.

Le tube de quartz est relié à un système condenseur en verre plongeant dans un récipient contenant un mélange de neige carbonique et d'acétone. Ce condenseur retenant tous les composés qui, liquéfiés à cette température, ne possèdent pas sensiblement de tension de vapeur à (—80°), est en communication avec une trompe à mercure permettant de faire le vide et de recueillir les gaz.

Le vide fait dans l'appareil, on porte le four à 100° et on maintient cette température pendant une heure, tout en procédant à l'extraction des gaz. On élève ensuite la température à 200° et ainsi de suite. Chaque saut de température de 100° est fait aussi rapidement que le permet le régime du four.

Les procédés analytiques suivis sont ceux que nous avons utilisés avec notre collaborateur, M. Damiens, pour l'analyse du gaz d'éclairage [1].

Nous donnons, à titre d'exemple, un certain nombre de courbes correspondant à des combustibles types. Dans ces courbes, on a porté en abscisses les températures et en ordonnées, pour chaque température de l'essai, le volume gazeux recueilli. Ces volumes gazeux sont exprimés en mètres cubes par tonne.

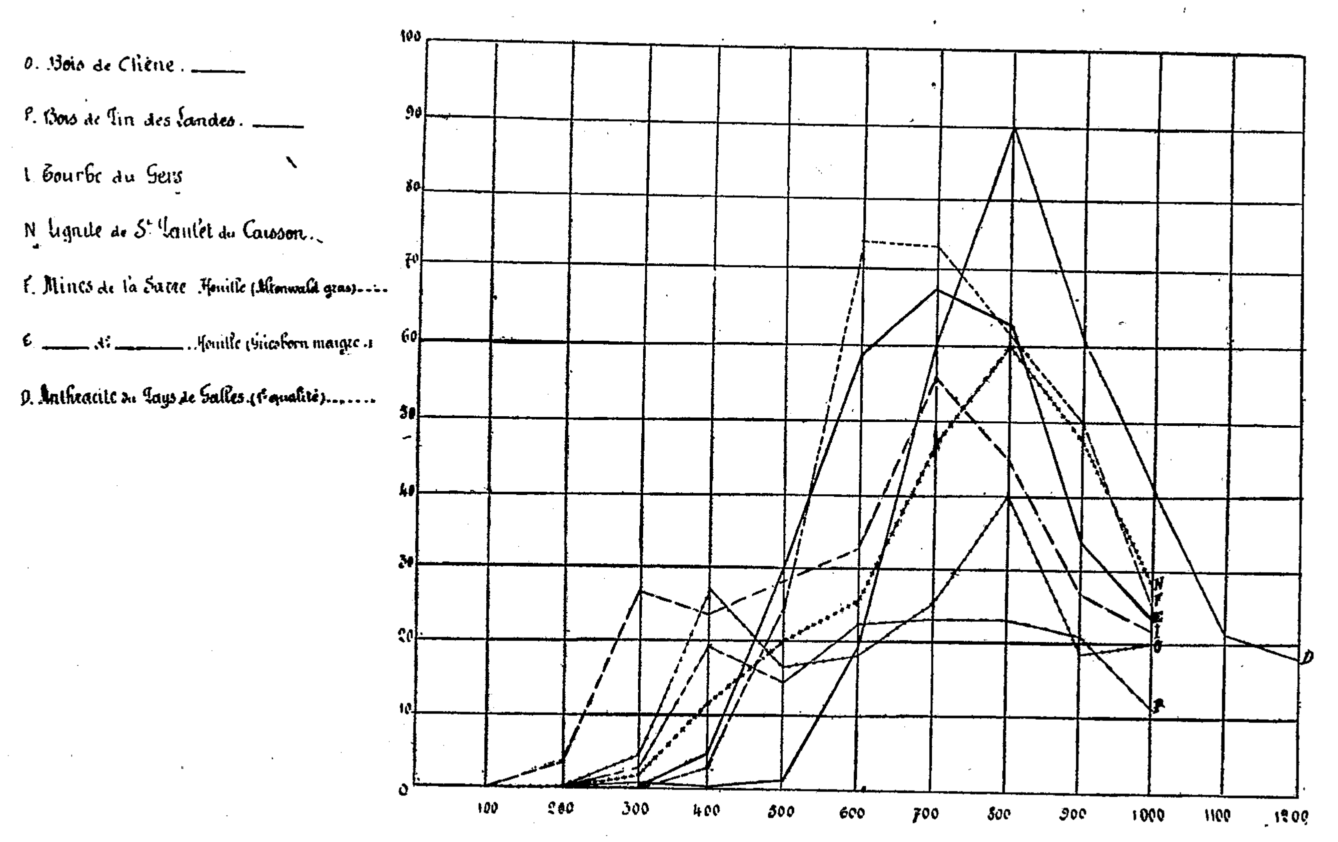
L'examen des courbes montre qu'à chaque combustible type correspond une courbe d'aspect caractéristique. La répartition des maxima de dégagement permet une remarque intéressante : les courbes de l'anthracite et du lignite ont leur maximum de dégagement à 800°, alors que pour la tourbe et les houilles, ce maximum se place à 600°-700°. On est également conduit à remarquer la ressemblance d'allure que présentent les courbes du premier groupe avec celle du bois de chêne et celles du second avec celle du bois de pin. Sans vouloir exagérer l'importance de cette constatation, elle semble tout au moins à retenir.

Les courbes que l'on obtient en déduisant l'humidité et les cendres sont encore plus démonstratives ; on constate, par exemple que, pour les tempé-

[1] P. Lebeau et A. Damiens, *Annales de Chimie*, 9e série, t. 8, 1917, p. 221.

ratures correspondant à un maximum, les points des différentes courbes se confondent sensiblement.

Nous ne pouvons nous étendre ici sur les résultats numériques des analyses des gaz provenant des divers combustibles. Nous insisterons



seulement sur ce fait que des indications intéressantes peuvent être aussi fournies par les variations des proportions d'un même constituant des mélanges gazeux, lorsque ce dernier est en relation avec une particularité géologique caractéristique d'un groupe de combustibles. C'est ainsi que pour les anthracites de la région de Saint-Martin de Valgalgues (Gard), on obtient des courbes représentatives du dégagement du gaz carbonique, en fonction de la température, qui sont en relation avec la propriété que possèdent ces anthracites de donner lieu à des dégagements spontanés et très abondants de gaz carbonique.

Ce procédé de fractionnement des gaz de la carbonisation semble susceptible d'apporter une contribution intéressante à nos connaissances sur l'origine et les propriétés des combustibles solides.

CHIMIE GÉNÉRALE — *Nouveaux composés organométalliques : le cuivre phényle et l'argent phényle.* Note [1] de M. **René Reich**, présentée par M. A. Haller.

L'étude sur les organométalliques que nous poursuivons en collaboration avec M. A. Job, nous a montré le parti que l'on pouvait tirer des organozinciques mixtes, réactifs plus ménagés que les magnésiens, pour l'extension systématique de la préparation des organométalliques. C'est ainsi que nous avons pu démontrer l'existence de l'iodure de fer-éthyle [2]. Nous avions également acquis la conviction que des dérivés organiques devaient exister pour les métaux qui s'étaient montrés jusqu'alors rebelles à de telles combinaisons. Parmi ceux-ci, il était surprenant de rencontrer le cuivre et l'argent dont on obtient si facilement les dérivés acétyléniques et nous nous sommes attaché, en premier lieu, à en préparer les composés organométalliques.

Les organozinciques se trouvant par trop inactifs vis-à-vis des sels de cuivre et d'argent, nous nous sommes adressé, à nouveau, aux organomagnésiens. Koudireff et Fomin, Hein, Krizewski et Turner avaient déjà constaté qu'ils réduisaient les sels de cuivre à l'état de sels cuivreux et même de métal, avec formation d'hydrocarbures, sans permettre d'atteindre les organométalliques correspondants. Nous avons pu néanmoins isoler le cuivre phényle C^6H^5Cu par action directe d'un sel cuivreux sur une solution éthérée de C^6H^5MgBr, et l'iodure cuivreux nous a donné les meilleurs résultats. Mais nous avons soigneusement évité l'élévation de température, ainsi que le traitement par l'eau une fois la réaction terminée; le dérivé organométallique a été séparé dans le milieu éthéré lui-même où il avait pris naissance.

Nous indiquerons aussi les raisons que nous avons de croire à l'existence du dérivé éthylé, C^2H^5Cu, trop instable toutefois pour être isolé.

Par réaction entre le bromure d'argent et C^6H^5MgBr, nous avons pu

---

(1) Séance du 23 juillet 1923.

(2) A. Job et R. Reich, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1358.

également atteindre l'argent phényle C^6H^5Ag, composé beaucoup plus instable que le dérivé correspondant du cuivre ([1]).

Cuivre phényle. — Lorsqu'à une solution éthérée de C^6H^5MgBr ($0^{mol},1$), refroidie par de l'eau glacée et protégée contre l'action de l'air par une atmosphère d'azote, on ajoute, en une fois, du CuI sec et finement pulvérisé (un peu moins de $0^{mol},1$), on le voit se colorer en jaune et entrer peu à peu en solution avec un faible dégagement de chaleur. Pour accélérer sa disparition, il suffit d'agiter à la main de temps en temps. La solution se colore en vert foncé et les éthérates de $MgBr^2$ et de MgI^2, qui se forment dans la réaction, se déposent en une couche visqueuse. Une fois la dissolution de CuI terminée, il se produit, au bout de quelques instants, un précipité gris. On étend alors d'éther anhydre et l'on centrifuge. On décante la solution éthérée surnageante, colorée en vert, et on lave le précipité, à l'abri de l'air, par de l'éther jusqu'à disparition des halogènes dans celui-ci. On sèche alors rapidement dans le vide. On recueille ainsi une poudre blanche, finement divisée, dont l'analyse et les propriétés concordent avec la formule C^6H^5Cu.

Le rendement est de 60 pour 100 de la quantité attendue ; une grande partie du composé reste en effet dans les solutions vertes séparées au début, probablement à l'état de complexe avec les sels de magnésium. La réaction se fait suivant l'équation

$$C^6H^5MgBr + CuI = C^6H^5Cu + MgIBr.$$

Le produit brut obtenu contient de 41 à 43 pour 100 de cuivre (calculé pour $CuC^6H^5 = 44,57$). Traité par la benzine à l'ébullition, à l'abri de l'air, il est complètement décomposé en donnant un miroir de cuivre et du diphényle. Nous avons obtenu ainsi 52 à 54 pour 100 de diphényle fondant à 70° (calculé 55,43). Il ne renferme plus d'iode. Nous ne sommes pas encore parvenu à une purification plus complète de ce produit. L'instabilité du cuivre phényle rend en effet cette purification très difficile.

Chauffé à 80°, il se décompose brusquement, dégage des vapeurs abondantes de diphényle et laisse un résidu rouge de cuivre. Traité par l'eau, il donne lentement à froid, rapidement à chaud, de la benzine et du Cu^2O rouge. Avec l'acide nitrique concentré il explose, et avec l'acide étendu il est décomposé avec formation de nitrobenzène. Laissé dans le vide ou dans une atmosphère inerte, il se colore rapidement et devient complètement noir en 48 heures. Il est insoluble dans l'alcool, CS^2; peu soluble dans $CHCl^3$, CCl^4, C^2H^5Br, C^6H^5Br, C^6H^6; soluble dans la pyridine, le cyanure de benzyle et l'aldéhyde benzoïque. Ses solutions s'altèrent très rapidement à l'air.

Cuivre éthyle. — Nous avons effectué la même réaction à partir d'une solution éthérée de C^2H^5MgBr, refroidie dans un mélange de glace et de sel. Le CuI disparaît

---

([1]) KRAUSE et SCHMITZ (*Ber.*, t. 52, p. 2150) ont indiqué récemment la préparation d'un dérivé phénylé de l'argent, en complexe avec le nitrate d'argent, à partir des dérivés asymétriques du plomb, sans avoir toutefois réussi à isoler le dérivé C^6H^5Ag à l'état libre.

peu à peu en donnant une solution verte, mais celle-ci devient très rapidement brune. Il se précipite alors du cuivre métallique, tandis qu'un abondant dégagement gazeux se produit. L'apparition de la coloration verte semble bien indiquer, comme dans le cas du dérivé phénylé, la formation intermédiaire d'un composé organique du cuivre, C^2H^5Cu, mais celui-ci serait instable à — 18°. Le cyanure cuivreux donne encore plus nettement la même coloration verte.

Argent phényle. — Lorsqu'on introduit dans une solution éthérée de C^6H^5MgBr ($\frac{1}{20}$ de molécule), refroidie par un mélange de glace et de sel et préservée de l'air par une atmosphère d'azote, du AgBr sec et finement pulvérisé (un peu moins de $\frac{1}{20}$ de molécule), on le voit disparaître assez rapidement et donner une solution violette très foncée. En agitant de temps en temps, la réaction est terminée en 1 heure. Le AgBr a été remplacé par un précipité assez volumineux. On étend immédiatement d'éther et on centrifuge. On décante, à l'abri de l'air, la solution violette qui surnage le précipité et on lave celui-ci à l'éther tant que du bromure de magnésium passe en solution. On obtient alors, si l'on prend la précaution d'opérer les lavages à une lumière diffuse très faible, un produit jaune sale qui devient très rapidement gris. Le rendement est de 60 pour 100 environ de la quantité attendue.

Il faut étudier ce produit immédiatement car, même laissé sous l'éther, à — 18°, à l'abri de la lumière, il est complètement décomposé en quelques heures en argent métallique et en diphényle.

On ne doit le manipuler, à l'état sec, qu'avec de grandes précautions, car le simple frottement d'un agitateur provoque son explosion avec formation d'abondantes fumées blanches de diphényle. Traité par les acides, même étendus, il explose.

Nous avons effectué son analyse, en provoquant sa décomposition dans la benzine chaude, et les quantités d'argent et de diphényle formées concordent bien avec la formule C^6H^5Ag que nous lui assignons.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le bromodiphénylméthane et la réaction de Grignard.* Note de M. **L. Bert**, transmise par M. A. Haller.

I. Le premier et, à notre connaissance, le seul essai de préparation du bromure de diphénylméthanemagnésium qui ait été effectué jusqu'ici est dû à M. Gomberg et L.-H. Corre [1]. Ces auteurs le rapportent en ces termes :

« En traitant du magnésium par une solution éthérée de bromodiphénylméthane, la réaction ne se déclare que très lentement, et ce n'est qu'au bout de plusieurs heures de chauffe que des cristaux de tétraphényléthane symétrique commencent à se séparer. Comme celui-ci n'est que peu soluble dans l'éther, le métal non encore attaqué se recouvre d'une couche de ce carbure

[1] M. Gomberg et L.-H. Cone, *Berichte*, t. 39, 1906, p. 1467.

et un chauffage prolongé, même pendant une journée, ne fait plus entrer de magnésium en solution. La formation de tétraphényléthane s'explique comme suit : le magnésium se forme tout d'abord et fait double décomposition avec le bromodiphénylméthane en excès. »

$$(C^6H^5)^2CHMgBr + (C^6H^5)^2CHBr = (C^6H^5)^2CH—CH(C^6H^5)^2 + MgBr.$$

Nous avons repris cet essai, en catalysant la réaction au début par addition au magnésium placé dans un ballon, d'un peu de solution éthérée de bromure d'éthyle, puis, aussitôt la réaction amorcée, en faisant tomber goutte à goutte la solution éthérée de bromodiphénylméthane, le contenu du ballon étant agité mécaniquement d'une façon continue. Dans ces conditions, l'allure de la réaction est toute autre : elle se déclare aussitôt, ce que manifeste l'apparition d'un précipité blanc-cristallin dont la quantité augmente régulièrement, en même temps que l'éther continue à bouillir doucement.

Quand cette ébullition cesse, on la rétablit par chauffage extérieur prolongé pendant une demi-heure.

Il ne s'est formé alors que des traces de bromure de diphénylméthanemagnésium, car, si après traitement du produit par l'eau on ne peut isoler une quantité appréciable de diphénylméthane, on perçoit cependant nettement son odeur d'orange caractéristique. Par contre, le rendement en tétraphényléthane symétrique est excellent, et le carbure, dont l'isolement ne présente aucune difficulté, est du premier coup à peu près pur. Pour l'obtenir pur, le mieux est de reprendre le carbure brut par sept fois son poids de benzine bouillante; on obtient ainsi, après refroidissement de la solution filtrée, de beaux cristaux transparents et incolores du composé

$$(C^6H^5)^2CH — CH(C^6H^5)^2.C^6H^6,$$

très peu solubles dans la benzine froide, qui s'effleurissent très rapidement à l'air et se réduisent en une poudre d'un blanc éclatant, fondant au bloc Maquenne à 212°,5.

Rendement de 70 pour 100 de la théorie par rapport au bromodiphénylméthane employé.

La méthode nouvelle de préparation du tétraphényléthane symétrique consiste, comme on sait ([1]), à traiter, dans des conditions convenables, une solution de 60^g de chloral dans un mélange de 300^g de sulfure de carbone et de 1000^g de benzine par 60^g de chlorure d'aluminium anhydre. Le rendement est de 15^g seulement en carbure brut, qui, prenant naissance dans un milieu très complexe, est beaucoup plus difficile à purifier que celui que nous avons obtenu. Ainsi s'explique, selon nous, l'écart notable de 1°,5 trouvé entre le point de fusion de notre produit (212°,5) et le point de fusion corrigé (211°) donné par H. Biltz. Quoi qu'il en soit, notre

---

([1]) Biltz, *Berichte*, t. **26**, 1893, p. 1953-1954.

méthode de préparation du tétraphényléthane symétrique est, sans contredit, beaucoup plus avantageuse, à tous points de vue, que celle de H. Biltz.

II. Il résulte de ce qui précède que, pour utiliser le bromodiphénylméthane à des synthèses par la méthode de Grignard, il est indispensable de faire réagir directement le magnésium sur le mélange du bromure et du composé antagoniste. C'est ce qu'ont fait avec succès M. Gomberg et L.-H. Cone (*loc. cit.*) pour la préparation du pentaphényléthane. Nous nous sommes proposé de généraliser ce résultat particulier.

Des trois premiers essais que nous avons effectués, deux ont été négatifs :

1° La synthèse du benthydrol par action de l'oxygène sec sur

$$(C^6H^5)^2CHMgBr$$

naissant.

2° La synthèse du méthyldiphénylméthane par substitution dans le composé précédent de CH^3 à Br au moyen du sulfate diméthylique [1].

Par contre, nous avons pu réaliser la synthèse de l'acide diphénylacétique par la suite de réactions :

$$\underset{\text{naissant}}{(C^6H^5)^2CHMgBr} \xrightarrow{CO^2} (C^6H^5)^2CH-CO^2-MgBr \xrightarrow{H^2O} (C^6H^5)^2CH-CO^2H.$$

On effectue l'opération, avec les quantités de réactif indiquées en I, en envoyant un courant de gaz carbonique sec au fond du ballon, aussitôt après amorçage de la réaction par le bromure d'éthyle. Après décomposition du produit de la réaction par un mélange de 15^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de 15^{cm^3} d'eau, on extrait la masse à l'éther, puis on épuise la solution éthérée obtenue par une solution de soude caustique au dixième. On acidifie par de l'acide chlorhydrique les liqueurs alcalines réunies : il se précipite aussitôt de fines aiguilles blanches comme la neige qui, après refroidissement de l'eau mère, sont essorées, lavées à l'eau et séchées à l'air libre. Leur point de fusion est alors de 144° au bloc Maquenne. Il s'élève à 146°-146°,5 après recristallisation dans un mélange de benzine et de ligroïne (ébull. 70°-80°) : c'est le point de fusion indiqué par les auteurs pour l'acide diphénylacétique. Cet acide se présente alors sous la forme de cristaux transparents, lourds et mesurables.

On récupère $0^g,7$ de magnésium et $6^g,3$ de tétraphényléthane ; le rendement en acide diphénylacétique pur est de 3^g, soit 14 pour 100 de la théorie par rapport au bromodiphénylméthane.

---

[1] Nous avons observé, au cours de cet essai, que le sulfate de diméthylique réagissait violemment sur le bromodiphénylméthane, vers 150° : il se dégage tumultueusement un mélange de vapeurs de HBr et de SO^2, et le contenu du ballon se résinifie partiellement. Nous poursuivons l'étude de cette intéressante réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de passage de l'oxyde de mésityle à la tétraméthylglycérine.* Note [1] de MM. **Pastureau** et **H. Bernard**, transmise par M. Béhal.

Nous avons fait connaître dernièrement [2] un procédé de préparation de la tétraméthylglycérine, à partir de l'oxyde de mésityle, par la série de réactions suivantes :

$$(CH^3)_2C=CH-CO-CH^3 \xrightarrow{ClOH} (CH^3)_2C(OH)-CH(Cl)-CO-CH^3$$

$$\xrightarrow{CH^3MgI} (CH^3)_2C(OH)-CH(Cl)-C(OH)(CH^3)_2$$

$$\xrightarrow{CO^3K^2} (CH^3)_2C(OH)-CH(OH)-C(OH)(CH^3)_2$$

Nous avons constaté depuis qu'il était possible d'atteindre ce composé intéressant, par un autre chemin, à partir de l'oxyde de mésityle.

L'oxyde de mésityle, traité par l'iodure de méthylmagnésium, donne le diméthyl$_{2,4}$-pentène$_3$-ol$_2$

$$CH^3-C(CH^3)=CH-C(CH^3)(OH)-CH^3.$$

Cet alcool non saturé a déjà été obtenu par von Fellenberg [3].

Nous avons réussi à obtenir cet alcool avec un assez bon rendement.

Traité par l'acide hypoiodeux, le diméthylpenténol donne l'iodhydrine de la tétraméthylglycérine, qui nous a permis d'atteindre la tétraméthylglycérine par l'intermédiaire du glycide et par celui de l'acétine.

Préparation du diméthylpenténol. — L'iodure de méthylmagnésium a été préparé avec 24^g de magnésium et 142^g d'iodure de méthyle. Dans le magnésien refroidi par de la glace, on introduit peu à peu 98^g d'oxyde de mésityle dissous dans 200$^{cm^3}$ d'éther anhydre. On verse le liquide sur de la

(1) Séance du 23 juillet 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1555; t. 176, 1923, p. 1400.

(3) *Ber. d. Deut. Chem. Ges.*, t. 37, 1904, p. 3578.

glace pilée. On dissout la magnésie dans l'acide acétique à 40 pour 100. On lave l'éther avec une solution de carbonate de sodium, puis à l'eau distillée, de façon à avoir un éther absolument neutre. On dessèche sur du sulfate de sodium anhydre. On récupère l'éther et on fractionne le résidu dans un bon vide.

Nous avons ainsi obtenu 70^{g} de diméthylpenténol chimiquement pur bouillant à 46° sous 12^{mm}, soit un rendement de 61 pour 100.

Iodhydrine de la tétraméthylglycérine

$$\begin{array}{c} CH^3 \\ CH^3 \end{array}\!\!>\underset{OH}{\overset{}{C}}-\underset{I}{CH}-\underset{OH}{C}\!\!<\begin{array}{c} CH^3 \\ CH^3 \end{array}$$

L'iodhydrine de la tétraméthylglycérine s'obtient très facilement à partir du diméthylpenténol par le procédé de M. Bougault :

$5^{g},7$ de diméthylpenténol sont dissous dans 50^{cm^3} d'éther saturé d'eau. On ajoute $5^{g},40$ d'oxyde jaune de mercure, puis peu à peu $12^{g},7$ d'iode. L'absorption de l'iode est rapide. On essore le biiodure de mercure, on le lave à l'éther.

L'éther est lavé avec une solution d'iodure de potassium, avec une solution d'hyposulfite de sodium, puis à l'eau distillée. On évapore ensuite l'éther et l'iodhydrine cristallise.

L'iodhydrine de la tétraméthylglycérine se présente sous la forme de cristaux brillants et incolores doués d'une odeur piquante assez agréable. Elle est très altérable par la chaleur, un peu par la lumière, mais se conserve assez bien à l'obscurité.

Analyse. — Dosage de l'iode par la méthode de Baubigny-Chavanne :
Substance, $0^{g},1548$; AgI, $0^{g},1404$; I, $0^{g},07589$. I pour 100, 49,02; Théorie, 49,2.

Passage de l'iodhydrine à la tétraméthylglycérine. — 1° L'iodhydrine mise en solution dans l'éther anhydre est traitée par deux fois la quantité théorique de potasse fondue et pulvérisée, dans un flacon à l'émeri placé sur la machine à agiter. Au bout de deux heures, la réaction est terminée. On filtre et on laisse l'éther s'évaporer spontanément; il reste un liquide à odeur camphrée qui est le glycide de la tétraméthylglycérine

$$\begin{array}{c} CH^3 \\ CH^3 \end{array}\!\!>\underbrace{C-CH}_{O}-\underset{OH}{C}\!\!<\begin{array}{c} CH^3 \\ CH^3 \end{array};$$

ce liquide se dissout dans l'eau et par évaporation donne la tétraméthylglycérine cristallisée..

2° L'iodhydrine mise en solution dans l'éther est traitée à froid par l'acétate d'argent finement pulvérisé. On obtient ainsi l'acétine correspondante qui fond à 87° et qui saponifiée par la chaux éteinte donne également la tétraméthylglycérine.

Avant de réaliser le passage du diméthylpenténol à la tétraméthylglycérine par l'intermédiaire de l'iodhydrine, nous avons essayé le passage direct par la réaction de Wagner, à l'aide du permanganate de potassium en solution aqueuse. Nous n'avons obtenu ainsi que les produits d'oxydation de la tétraméthylglycérine : acétone, formol, acide formique. La tétraméthylglycérine, nous l'avons constaté directement, se transforme à froid très facilement sous l'action des oxydants (eau oxygénée et sulfate ferreux) en acétone, formol et acide formique :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>C(OH)-CH(OH)-C(OH)<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \rightarrow 2.CH^3-CO-CH^3+CH^3OH.$$

Nous avons également essayé, sans succès, de passer du diméthylpenténol à la tétraméthylglycérine par l'intermédiaire de la chlorhydrine. L'action de l'acide hypochloreux sur le diméthylpenténol donne une réaction anormale intéressante. Il se forme un produit cristallisé qui n'est point la chlorhydrine prévue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Preparation de pétrole à partir d'huiles végétales et animales*. Note [1] de **M. Alphonse Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

Dans une précédente Communication [2], j'ai montré que l'action déshydratante du chlorure de zinc fondu sur l'huile de colza, effectuée à une température de 400 à 500°, conduit à un liquide de même nature que le pétrole. Il est constitué, en effet, par des hydrocarbures forméniques légers et lourds, mélangés à des carbures éthyléniques. En outre les portions élevées de ce pétrole, polymérisées par chauffage ultérieur avec du chlorure de zinc, fournissent des produits très visqueux, allant jusqu'à l'état solide.

---

[1] Séance du 23 juillet 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 202.

Les différentes huiles végétales (navette, arachides, ricin, karité, etc.) et huiles animales (requin, baleine), le suif, traités par le chlorure de zinc conduisent à des résultats sensiblement identiques à ceux que l'on obtient avec l'huile de colza.

Lorsqu'on chauffe, par exemple l'huile de navette, avec 10 pour 100 de son poids de chlorure de zinc fondu, la décomposition se produit aussitôt. De l'eau, de l'acroléine et des produits volatils se dégagent. Ces derniers sont condensés, tandis que l'acroléine est entraînée par les gaz qui se forment en même temps.

Les produits condensés au début sont généralement acides. A l'aide d'une ampoule à robinet, ils sont remis dans la chaudière. La réaction continuant, il distille un liquide à peu près incolore, qui devient légèrement jaune par la suite. On le traite par de la soude diluée pour neutraliser les acides qu'il renferme. Après un lavage à l'eau, il est rectifié.

Il passe tout d'abord de 60° à 220°, un liquide rigoureurement incolore et au-dessus de 220°, un produit légèrement jaune. Les diverses fractions ont les densités suivantes :

$<150^\circ$	$D_{18} = 0,7067$
110-150	0,7354
150-180	0,7597
180-200	0,7732
200-250	0,7948
250-280	0,8141
280-310	0,8274

Elles sont constituées par un mélange d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques. Les huiles lourdes, seules, renferment de très petites quantités de produits oxygénés.

Si l'on chauffe avec du chlorure de zinc fondu, le résidu du fractionnement bouillant au-dessus de 310°, il se produit une polymérisation partielle qui conduit à des liquides visqueux très fluorescents. Distillés sous une pression de 35^mm, on en sépare trois fractions :

200°-250°	sous 35^{mm}	$D_{18} = 0,8601$
250-300	»	0,8875
300-330	»	vaseline

On reproduit ainsi la plupart des constituants du pétrole, depuis les huiles légères jusqu'à la vaseline.

Le chlorure de zinc n'est pas le seul sel capable de transformer les huiles végétales et animales en pétrole. Le chlorure de calcium fondu, les chlorures de magnésium et de baryum secs, le chlorure de sodium fondu, etc., conduisent à une réaction analogue.

En chauffant, entre 400°-500°, du beurre de karité avec du chlorure de calcium fondu suivant la technique déjà employée, on produit une essence légère de densité $D_{20} = 0,7158$, puis du pétrole lampant, des huiles lourdes et visqueuses.

150°-180°	$D_{20} = 0,7519$
180-200	0,7603
200-220	0,7772
220-250	0,7907
250-320	0,8155
320-400	0,8312

Lorsqu'on emploie le chlorure de magnésium, il se forme pendant la réaction un dégagement permanent de gaz chlorhydrique, qui n'a aucune influence sur les produits obtenus. Utilisé pour la transformation de l'huile de baleine, ce sel conduit à des hydrocarbures dont les densités sont voisines des précédentes.

Ces résultats montrent qu'il est très facile de transformer les différents corps gras en pétrole, par déshydratation et cracking simultanés en présence de certains chlorures de peu de valeur.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Composés xanthylés dérivés des acides aminés*. Note de MM. **R. Fosse**, **Ph. Hagène** et **R. Dubois**, présentée par M. E. Roux.

1. Comme les urées substituées, les éthers hydantoïques se combinent à 1^{mol} de xanthydrol, avec perte de 1^{mol} d'eau, pour donner de nouveaux dérivés des acides hydantoïques et, partant, des acides aminés.

$$C^2H^5{-}OCO{-}CH^2{-}NH{-}CO{-}NHH + HOCH\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O$$
$$\xrightarrow{-H^2O} C^2H^5{-}OCO{-}CH^2{-}NH{-}CO{-}NH{-}CH\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O.$$

Action du xanthydrol sur l'hydantoate d'éthyle, xanthylhydantoate d'éthyle

$$O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH{-}NH{-}CO{-}NH{-}CH^2{-}COOC^2H^5.$$

La solution d'hydantoate d'éthyle (1^g) dans l'eau (20^{cm^3}) est additionnée d'acide acétique (20^{cm^3}), puis, peu à peu, en agitant du xanthydrol acétique à $\frac{1}{10}$ (20^{cm^3}). Par essorage, lavage et cristallisation dans l'alcool bouillant, on obtient des aiguilles soyeuses, fondant à 201°,5 (tube étroit).

Trouvé : N pour 100, 8,5; calculé pour $C^{18}H^{18}O^4N^2$: N pour 100, 8,6.

Xanthylhydantoate de potassium. — Belles aiguilles groupées, devenant blanches opaques à l'étuve.

Trouvé : N pour 100, 8,08; K pour 100, 11,22.

Théorie pour $C^{16}H^{13}O^4N^2K$: N pour 100, 8,33; K pour 100, 11,6.

Action du xanthydrol sur l'α-uréidoisocaproate d'éthyle 1. *Xanthyl-uréidoisocaproate d'éthyle l*

$$CH^3-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}-CH^2-\underset{\displaystyle COOC^2H^5}{\underset{|}{CH}}-NH-CO-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

L'acide uréidoisocaproïque, préparé en partant de la *l*-leucine par la méthode de Lippich, est soumis à l'action de HCl sec en présence d'alcool absolu. Après enlèvement de la majeure partie de ces deux réactifs, au bain-marie, dans le vide, on traite le résidu sirupeux par de l'eau, de l'acétate de soude, de l'acide acétique et du xanthydrol. Il en résulte une bouillie blanche épaisse formée de petites aiguilles microscopiques, réunies en sphérules. Après essorage, lavage à l'acide acétique dilué, à l'eau, dessiccation à basse température, dissolution dans l'éther bouillant et addition d'éther de pétrole, on recueille la nouvelle combinaison, formée de petits cristaux blancs, très légers, fondant à 162°-163°.

Trouvé : N pour 100, 7,35; calculé pour $C^{22}H^{26}O^4N^2$: N pour 100, 7,30.

2. *Action du xanthydrol sur l'hydantoamidexanthylhydantoamide*

$$O\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^5\end{matrix}\right\rangle CH-NH-CO-NH-CH^2-CO-NH^2.$$

L'hydantoamide, obtenue par l'action de NH^3 sur l'éther hydantoïque (Bailey, Eppinger), réagit comme ce dernier sur le xanthydrol : de l'eau s'élimine entre 1^{at} d'hydrogène du groupement NH^2 de la fonction urée de l'hydantoamide et l'OH du xanthydrol

$$NH^2-CO-CH^2-NH-CO-NH\,H + HO\,CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O$$

$$\xrightarrow{-H^2O} NH^2-CO-CH^2-NH-CO-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

La xanthyl-hydantoamide, dissoute dans une grande quantité d'alcool

bouillant, où elle n'est pas très soluble, se dépose par refroidissement en cristaux formés au microscope de filaments groupés, ressemblant à la xanthylurée.

Essorés, ils s'agglomèrent par feutrage en tissu brillant, volumineux, souple, susceptible d'être plié sans cassure.

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 13,8 ; 13,8. Calculé pour $C^{16}H^{15}O^{3}N^{3}$: N pour 100, 14,1.

La fusion-décomposition en liquide coloré, avec dégagement gazeux, se produit à des températures qui varient suivant la vitesse et la durée du chauffage : 228°, 233°, 244° (n. c.).

3. *Action de l'hydrazine sur l'hydantoate d'éthyle, hydantoyl-hydrazide :*

$$NH^2-CO-NH-CH^2-CO-NH-NH^2.$$

L'hydantoate d'éthyle, traité par l'hydrazine, subit la réaction classique de Th. Curtius en donnant l'hydrazide correspondante :

$$NH^2-CO-NH-CH^2-CO-OC^2H^5 \xrightarrow{HNH-NH^2} NH^2-CO-NH-CH-CO-NH-NH^2.$$

Cette nouvelle hydrazide, non encore décrite, à notre connaissance, précipitée par l'alcool de sa solution aqueuse, dissoute dans ce solvant à l'ébullition, où elle est fort peu soluble, s'en dépose par refroidissement en petits cristaux brillants, offrant l'aspect de la neige. Fusion-décomposition à des températures variables avec la vitesse de l'élévation de la température : 172°, 175°, 177°.

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 42,5 ; 42,9. Théorie pour $C^3H^7O^2N^4$: N pour 100, 42,7.

Action du xanthydrol sur l'hydantoyl-hydrazide. Dixanthyl-hydantoyl-hydrazide

$$O\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle CH-NH-CO-NH-CH^2-CO-NH-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

— Deux molécules de xanthydrol réagissent sur une seule molécule d'hydantoyl-hydrazide en produisant deux molécules d'eau et un nouveau dérivé dixanthylé, résultant du remplacement par le radical xanthyle d'un atome d'hydrogène pris à chacun des deux groupements NH^2 des fonctions urée et hydrazide :

$$\begin{matrix}NH-CO-NHH + HO-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O\\ |\\ CH^2\\ |\\ CO-NH-NHH + HO-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O\end{matrix} \xrightarrow{-2H^2O} \begin{matrix}NH-CO-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O\\ |\\ CH^2\\ |\\ CO-NH-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O\end{matrix}$$

L'hydantoyl-hydrazide ($0^g,30$) dissoute dans l'eau (15^{cm^3}) est additionnée d'acide acétique (15^{cm^3}) et peu à peu, en agitant, de solution acétique à $\frac{1}{10}$ de xanthydrol. Le précipité formé, ressemblant à de l'hydrate d'alumine, lavé à l'alcool, est dissous dans un mélange de toluène et de pyridine, à l'ébullition.

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 11,9; 11,2. Théorie pour $C^{20}H^{24}O^4N^4$: N pour 100, 11,3.

Fusion-décomposition en liquide coloré vers 206°-207°; 214°-215°; 216°-217°, suivant la vitesse de chauffage du bain.

GÉOLOGIE. — *Sur les roches dénommées Trapps, dans la région de Raon-l'Étape (Vosges).* Note de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Henri Termier**, présentée par M. Pierre Termier.

Les roches connues sous le nom de *Trapps* et très recherchées comme matériaux d'empierrement en raison de leur dureté, dans la région de Raon-l'Étape, ont été décrites antérieurement comme étant des schistes silicifiés et des roches pyroxéniques (trapps bigarrés, notés h_{IV} et ν_1 h_{IV} sur la feuille géologique au $\frac{80}{1000}$ de Lunéville, publiée en 1894) ou des porphyrites amphiboliques (trapps bleus ν^1).

L'étude au microscope, en plaques minces, d'échantillons recueillis par l'un de nous dans ces formations, aux environs de Raon-l'Étape et de la Grande Fosse, vers les Baraques près d'Hurbache, et dans la région d'Etival et de Saint-Rémy, nous a permis de conclure que les trapps sont des roches de métamorphisme au contact du granite de Grandrupt et d'Étival, formées aux dépens de roches sédimentaires (schistes et calcaires marneux), et de projections volcaniques (tufs et brèches éruptives), accompagnées de types endomorphes, tels que microgranites, microsyénites et microdiorites.

Nous avons reconnu les types suivants :

1° Types exomorphes : *Schistes tachetés* formés de fins grains de quartz clastiques, de matière charbonneuse en poussière, avec taches d'andalousite en voie de formation; *schistes micacés* dans lesquels la biotite s'est développée en nombreuses et fines lamelles; *schistes micacés et feldspathisés* avec naissance de feldspaths de nouvelle formation; *cornes amphiboliques* avec très nombreuses et fines lamelles d'amphibole hornblende, parfois accompagnées de biotite; *cornes pyroxéniques*, riches en lamelles d'augite orientées suivant la stratification.

A Raon, ces cornes prennent parfois un aspect flammé avec des teintes vertes, roses et blanches et contiennent diopside et idocrase. *Tufs volcaniques cornés* qui montrent

toute une série de débris clastiques, grands cristaux de quartz et de feldspaths (orthose et oligoclase) en partie roulés, débris de roches éruptives finement microlitiques (trachytes et orthoalbitophyres); dans la pâte fine qui relie ces débris et dans les fissures qui les pénètrent, se sont abondamment développés de très fins cristaux d'amphibole et de biotite nés sous l'influence du métamorphisme par le granite.

Parfois le même échantillon montre de fines alternances de cornes micacées et amphiboliques et de tufs cornés.

Dans ces diverses cornes et tufs apparaissent en certains points des feldspaths de nouvelle formation, allant de l'andésine au labrador.

2° Types endomorphes : *Microgranites* riches en fine micropegmatite et dans lesquels la biotite apparaît en petites lamelles souvent groupées en larges taches; *microsyénites* à fins cristaux d'amphibole et de biotite; *microdiorites quartziques* avec feldspaths allant de l'andésine au labrador, biotite et amphibole.

Le trapp bleu est principalement constitué par des tufs volcaniques cornés et par des microdiorites quartziques, non par des porphyrites amphiboliques, comme on l'avait cru jusqu'alors.

De cet exposé nous concluons que les trapps résultent du métamorphisme par le granite de sédiments schisteux, marneux et calcaires, accompagnés de tufs et de brèches de roches volcaniques acides (trachytes). Dans ces dernières roches, nous avons pu distinguer les minéraux formés lors d'un volcanisme antérieur et ceux provenant d'un métamorphisme par le granite postérieur.

L'abondance, parmi les trapps, des cornes amphiboliques et pyroxéniques, allant jusqu'aux diorites franches à Etival, prouve qu'ils proviennent, en grande partie, de sédiments marneux et calcaires et nous les rattachons, tant au point de vue stratigraphique qu'au point de vue tectonique, aux formations dévoniennes riches en niveaux calcaires de Schirmeck et du Champ du Feu, qui se développent au Nord-Est, sur la feuille de Strasbourg.

GÉOLOGIE. — *L'île des Cendres, volcan indochinois récemment apparu.* Note de M. **Étienne Patte**, présentée par M. Pierre Termier.

L'îlot volcanique nouvellement formé ([1]) à 20^{km} au sud de Poulo-Cecir de Mer, par 106°38′46″ de longitude E (Paris) et 10°10′20″ de latitude N, a été découvert le 2 mars 1923 à $15^h 30^m$ par le navire japonais *Wakasamaru* qui aperçut un nuage de fumée épais, calme et vertical, accompagné d'une

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 969.

épaisse colonne de vapeur flottant au loin à une faible hauteur. Après s'être approché, à $16^h 45^m$ l'équipage observa une série d'explosions avec colonne de fumée. La hauteur de cette colonne est mal connue (100 à 300 pieds). L'eau aurait été plus chaude qu'ailleurs. Le ciel était clair, la mer calme. Mais les insulaires de Poulo-Cecir avaient ressenti dans la nuit du 15 au 16 un violent séisme; jusqu'au 22 février, il y eut d'autres secousses. Aucun raz-de-marée, aucune dénivellation de l'eau des puits n'ont été notés (cette eau d'infiltration a un niveau un peu supérieur à celui de la mer); les habitants n'avaient d'ailleurs pas aperçu le volcan.

Dans la nuit du 10 au 11 mars, la mer rejeta sur le village de Poulo-Condor (à 300^{km} environ du volcan) une masse de scories évaluée à 500^{m^3}. Ce trajet correspond bien à la direction de la mousson en cette saison. D'autres scories furent recueillies à l'embouchure du Bassac (au nord-nord-ouest de Poulo-Condor), le 20 mars.

Les 15, 16 et 17 mars, l'îlot fut visité par une mission hydrographique à bord de l'*Astrolabe*. Dans la matinée du 15 mars, il y eût grande activité, des éruptions furent notées à $6^h 45^m$ puis à $7^h 10^m$; on observa alors pendant 5 minutes une colonne épaisse et noire de plus de 100^m de haut; diverses éruptions moins importantes eurent lieu dans la journée. Les sondages indiquèrent des fonds voisins de 100^m. L'île affectait la forme d'un croissant à cornes brisées; il s'agit d'un cône volcanique à double pente, ruiné et dont la partie SW est de beaucoup la plus développée; l'explication de cette dissymétrie me paraît simple, la mousson soufflait du NE de sorte que les matériaux projetés sont retombés plus nombreux au SW et que d'autre part la mer a attaqué plus fortement le front NE de l'îlot formé. Si, par la pensée, on complète le cône, on voit la ligne de -30^m s'en éloigner assez uniformément.

Le 29 mars, un ingénieur des Travaux publics de Saïgon trouva l'île déjà très modifiée. Ce n'est malheureusement que le 5 avril qu'envoyé en mission avec M. le commandant Dussault, chef du Service géologique, qui a bien voulu me charger de l'étude du volcan, j'ai pu étudier l'île des Cendres. Les éruptions avaient cessé; l'île était fortement réduite, presque méconnaissable. Les cornes du croissant n'existaient plus; la longueur était plus grande que la largeur; le sommet de l'île occupé par une crête à peu près horizontale, dessinant un arc de cercle de 60° d'ouverture concave vers le N-NE, atteignant au maximum la cote 34^m. Du côté du cratère se voyait un fragment d'amphithéâtre avec rupture de pente, sectionné par une falaise verticale.

Du côté externe, la pente très légèrement convexe était de 19°. L'île, sur tout son pourtour, était limitée par une falaise abrupte de hauteur variable, accessible au sud et au pied de laquelle s'étendait une plage.

La section naturelle fournie par la falaise montrait une succession très nette de strates bien soulignées par des efflorescences salines et épaisses en moyenne de 10^{cm}. A l'extérieur, les strates sont inclinées de 20° environ; à l'intérieur, elles sont d'inclinaison moins régulière; celles-ci sont en discordance sur celles-là. Les matières rejetées sont des scories basaltiques de taille très variable pouvant atteindre 20^{cm}, de menus fragments arrondis de lave vitreuse très vacuolaire, de minuscules fragments très irréguliers de verre et de cristaux. Il existe aussi de plus gros fragments d'hyalobasalte plus ou moins vacuolaire. Il faut noter l'existence de morceaux de *basalte bien antérieur aux dernières éruptions :* ils sont inclus dans des tufs clairs ou du calcaire construit avec Anthozoaires et Mollusques. *Le nouveau volcan est donc apparu, sinon à l'emplacement d'un ancien appareil, du moins dans une région volcanique.*

Le plus gros bloc projeté atteignait environ $\frac{1}{5}$ de mètre cube. L'activité interne ne se manifestait plus que par l'émission de gaz en deux points, dont l'un correspondait au centre du cratère; les bulles de gaz, atteignant au maximum 4^{cm} de diamètre, ne créaient même pas un remous; les gaz presque inodores avaient une faible odeur aromatique; ils ne donnaient pas de fumée avec les vapeurs soit de HCl, soit de NH^3. En marchant sur les scories, on sentait une odeur sulfureuse provenant de gaz inclus dans le sol; des oiseaux gisaient asphyxiés.

Les verres basaltiques, hyalobasaltes, noirs, insolubles dans l'acide chlorhydrique chaud, renferment des phénocristaux de labrador, de l'olivine. Les tufs clairs contiennent beaucoup de verre de teinte très variable, du quartz, de l'olivine, de la calcite. On trouve de rares morceaux de fin agrégat d'olivine, le plus souvent complètement transformée en matière rouge, en tout petits grains, parfois avec ses formes cristallines, et d'un peu de quartz, cimentés par de la calcite. Les basaltes anciens, presque des labradorites, contiennent des phénocristaux d'anorthite, plus d'augite, presque pas d'olivine, des microlites de labrador. De très rares morceaux de ponce très claire contiennent du quartz et correspondent à des rhyolites; ils sont enduits de scorie basaltique récente; leur fraîcheur permet de se demander s'ils ne sont pas contemporains.

Le 20 avril, un nouveau séisme agita Poulo-Cecir et le continent à Phan Thiet; les insulaires aperçurent un fort dégagement de fumée; un bateau signala peu de temps après des projections d'eau.

Le 27 mai, j'ai revu l'île : les falaises ont reculé ; une large plage en fait le tour ; la formation d'une plate-forme littorale a cependant ralenti l'attaque des vagues ; j'évalue l'aire restante, limitée par la falaise, à moins des $\frac{2}{3}$ de celle observée en avril. Le volcan n'avait pas rejeté de nouveaux matériaux. Il n'y avait plus de dégagement de gaz.

Le rocher de la Grande Calwick, à 16^{km} au S-SW, est formé de tufs avec coulée de basalte interstratifiée. Poulo-Cecir est formée d'appareils volcaniques ruinés et de coulées de basalte réunis par des dunes de sable ; elle renferme en particulier une colline de tuf stratifié, ruine d'un cratère qui recouvrait des basaltes dont les témoins dessinent une ligne circulaire de rochers et de hauts fonds de plus de 1^{km} de diamètre, évoquant la forme de l'ancien volcan ou d'une caldeira. Poulo-Cecir m'a livré trois échantillons de roches acides contenant toutes de la micropegmatite plus ou moins fine.

Des basaltes de plateau et de vallée ont été signalés en maints endroits de l'Annam, mais aucune tradition ne fait mention d'éruptions.

La carte mentionne à 50^{km} au S-SE un récif, le Vétéran, repéré en 1880, non retrouvé en 1882.

GÉOLOGIE. — *Complément à l'Échelle stratigraphique de la Kabylie des Babors (Algérie).* Note [1] de MM. F. Ehrmann et J. Savornin, transmise par M. Depéret.

Dans une précédente Communication [2] nous avons exposé la succession des étages stratigraphiques reconnus dans la Kabylie des Babors. La série décrite comprenait tous les termes secondaires classiques, depuis le *Permien* ou le *Trias* jusqu'au *Sénonien*, sans lacunes véritables, mais avec nombreux phénomènes localisés de transgressions relatives, affirmées par des conglomérats qui se mêlent aux roches normales des étages.

Nous avons à peine indiqué la présence de niveaux tertiaires : minuscules lambeaux de *Nummulitique* (appartenant aux trois séries de ce groupe) et de *Néogène* (*Cartennien*).

Des observations plus récentes, contrôlées par une visite commune sur les points importants, nous permettent de compléter assez largement, de part et d'autre de l'échelle déjà établie, ces premières indications.

(1) Séance du 23 juillet 1923.
(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1301.

1° *Substratum paléozoïque et cristallin.* — Alors que le substratum direct du Permo-Trias (ou des terrains plus récents transgressifs) est bien connu dans la Kabylie du Djurjura, sous forme de *Carboniférien* surmontant de puissantes assises métamorphiques dont il a remanié les éléments, on ne soupçonnait pas sa constitution réelle dans la Kabylie des Babors. L'un de nous l'a récemment fait connaître, à l'est puis à l'ouest de cette dernière région (1).

La coupe la plus démonstrative par sa netteté est celle des Beni Afeur (25^{km} S-SE de Djidjelli). Elle se développe particulièrement sur la rive droite de l'oued Djinedjene, sous forme d'aile orientale d'un anticlinal dont la vallée suit approximativement l'axe subméridien.

Sur un noyau cristallin (granulites, pegmatites), ayant apparemment traversé une puissante assise de phyllades chloriteux, se présente une série métamorphique distribuée en auréoles : gneiss, schistes cristallinisés, quartzites, cipolins. Ce sont les roches bien connues de tous les massifs anciens littoraux en Algérie.

Vers la partie supérieure, à plus de 200^{m} au-dessus des cipolins lenticulaires, ont été rencontrées, dans des schistes fort peu transformés, des empreintes organiques que l'on peut rapprocher de *Graptolithes* monoprionidés. Leur spécification est cependant douteuse.

Immédiatement au-dessus, en discordance, vient une série finement détritique débutant par des arkoses et comprenant des grès quartziteux souvent verdâtres, des grauwackes, des calcschistes et des schistes normaux. L'assise terminale est souvent psammitique, violacée, bien visible même à distance. L'épaisseur totale de cette série est de 150^{m} à 200^{m}. A plusieurs niveaux se présentent des *Tentaculites* et surtout des *Styliolines* permettant de reconnaître du Dévonien.

Le couronnement de la série clastique est constitué par des calcaires récifaux, gris bleu ou rubéfiés, veinés de calcite blanche, où se voient des *Polypiers* et *Crinoïdes* avec de nombreuses sections d'Orthocères. Les échantillons rouges rappellent certains marbres classiques dévoniens.

Grâce à ce repère supérieur, on peut attribuer au Gothlandien les schistes peu métamorphiques à Graptolithidés. Les cipolins blancs, à beaux miné-

---

(1) F. Ehrmann, *Sur la découverte du Silurien à Graptolithes et du Dévonien à Tentaculites aux Beni Afeur* (*Comptes rendus*, 26 juin 1922); *Esquisse comparative du Paléozoïque belge et algérien* (*C. R. somm. Congrès géol. inter.*, Bruxelles, 1922); *Découverte d'un témoin de la Tyrrhénide dans la région ouest de Bougie* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 63).

raux, semblables à ceux de la Grande Kabylie, seraient alors au niveau de l'Ordovicien ou du Cambrien. La mise en place des roches granulitiques daterait du Silurien supérieur, puisque le Dévonien les a remaniées dans son arkose de base. Le Carbonifère n'est pas représenté ici, alors qu'il joue dans la Grande Kabylie et au cap Chenoua un rôle fort important.

2° *Superstratum tertiaire.* — Diverses reliques, plus ou moins récentes, se trouvent encore aux Beni Afeur, ou dans le voisinage. Ce sont d'abord des résidus de calcaires à *Nummulites*, *Orthophragmina*, *Operculina*, du Mésonummulitique. Ils se soudent aux Calcaires à *Orthocères* ou en tiennent la place. Puis, une assise détritique remarquable, dont certains éléments proviennent du Carbonifère disparu dans la région (lydiennes caractéristiques), et au niveau de laquelle se présentent des *Lepidocyclines* ([1]) avec *Pectinidés*, *Echinides*, etc. Cette assise, qui ravine profondément les calcaires zoogènes (tant dévoniens que tertiaires) se présente en outre comme base sédimentaire d'un bassin argileux et gréseux numidien (bassin sud de Taher). Le Mésonummulitique et le Néonummulitique sont donc ici en relation directe, alors que l'Eonummulitique (calcaires à silex bien connus) n'approche qu'à plusieurs kilomètres au Sud.

Une dernière invasion marine sur le pays montagneux est attestée par un lambeau de Cartennien accroché au flanc N. du Tamesguida. Sa constitution et sa faune rappellent le bassin de Bou Maïz, près Berrouaguia, étudié par E. Ficheur et par l'un de nous. Sa présence en ce point démontre la continuité originelle, que nous avions soupçonnée ([2]), du bassin de Sidi Aïch-Bougie avec celui de Zeraïa-Mila. Ce n'est d'ailleurs pas un jalon unique.

On voit ici la dernière des innombrables transgressions locales, affirmées par des dépôts conglomérés, qui distinguent la Kabylie des Babors depuis le Dévonien.

L'histoire orogénique exceptionnellement complexe du pays est dès lors facile à reconstituer. Ce sera l'œuvre synthétique de l'un de nous. On voit déjà que les conglomérats, à éléments toujours locaux, se présentant dans presque tous les étages, sont les témoins irrécusables d'une évolution autochtone continue du relief, avec cycles répétés depuis le Dévonien : plissements, émersions, abrasions, immersions, dans une contrée constituant une remarquable région naturelle.

([1]) Détermination générique confirmée par MM. les professeurs Cayeux et Douvillé.

([2]) J. Savornin, *Géologie de Hodna et du Plateau sétifien*, 1920, p. 421, carte de la transgression cartennienne.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Éléphants fossiles d'Angleterre : Mutations de l'*Elephas antiquus *Falconer dans le Pliocène supérieur et le Quaternaire anglais.* Note (¹) de M. G. **Pontier**, transmise par M. Ch. Depéret.

Parmi les nombreuses molaires d'Éléphants des côtes du Norfolk et du Suffolk, des alluvions de la Tamise et de maints gisements d'Angleterre, toute une série peut être rapportée au groupe de l'*Elephas antiquus* et ces molaires montrent l'existence de différentes mutations dans ce groupe.

Le rameau de l'*E. antiquus* se rencontre déjà dans le Norwich Crag sous forme d'une mutation de petite taille, voisine, sinon identique à *E. ausonius* F. Major, du Pliocène supérieur d'Italie. La migration qui a entraîné cette espèce sur le sol anglais est du même âge, ou à peine plus récente, que celle l'ayant amené en Toscane, en Ombrie et dans l'Astésan durant le Villafranchien. Nous nous proposons d'étudier — au cours d'un prochain voyage en Grande-Bretagne — les documents conservés dans diverses collections qui, en dehors des pièces incomplètes déjà signalées (Falconer, Leith Adams, Depéret et Mayet), pourraient être rapportées à l'*E. ausonius.*

Dans le Forest bed (Sicilien) *E. antiquus* est encore de taille réduite, représenté par une mutation intermédiaire entre *E. ausonius* et *E. antiquus* plus évolué et d'âge plus récent. Cette mutation cromérienne présente une couronne étroite, un émail plissé, un sinus loxodonte constant et de développement moyen. Telle la molaire 47.119 du British Museum provenant de Cromer, ayant une longueur de 260^{mm} (280^{mm} environ avec restitution du talon disparu), une formule $x - 17 - x$ et une fréquence laminaire de 5,4. Telle aussi une autre molaire décrite par Falconer avec x — 16 à 17 — x comme formule et 280^{mm} comme longueur.

Les formes les plus curieuses du groupe de l'*E. antiquus* anglais sont celles d'âge milazzien-tyrrhénien, c'est-à-dire celles marquant la phase terminale de l'évolution des deux rameaux : rameau principal (*E. antiquus*); rameau latéral parallèle (*E. priscus* Falconer).

Une belle molaire, récemment trouvée dans des éboulis de falaise à Lowestoft (Collection Pontier, à Lumbres, Pas-de-Calais), est à rapporter à un *E. antiquus* de très grande taille, du Tyrrhénien. Voici les principaux caractères de cette pièce, non encore décrite :

Coloration ocreuse avec nombreuses plages bleues verdâtres.

(¹) Séance du 23 juillet 1923.

M^3 encore peu entamée par l'usure : 9 lames usagées seulement plus le talon antérieur reposant sur la racine en crochet conservée. Lames épaisses, régulièrement espacées. Émail moyennement plissé. Les plicatures intéressent toute l'épaisseur de la bande d'émail et sont surtout marquées aux lames antérieures. Sinus loxodonte médian, de dimensions moyennes, un peu irrégulier. Les trois dernières lames usagées présentent une série d'îlots de nombre variable suivant la hauteur de la section. La table résultant de l'abrasion est suivie d'une série de lames offrant des digitations très saillantes au nombre de 8 à 9 par lame. Formule : $x-18-x$.

La longueur totale de cette dernière molaire est de 382^{mm}. La longueur de la portion usagée est de 170^{mm}. La hauteur d'une lame non usagée atteint 190^{mm} (type hypsélodonte prononcé). La largeur de la couronne est de 82^{mm} — chiffre élevé pour un *E. antiquus* — ce qui donne un rapport L : L de 4,6.

La fréquence laminaire — nombre de lames pour 10^{cm} de la longueur de la couronne dentaire — est de 6.

Cette pièce vraiment remarquable par ses caractères comme par ses dimensions est à rapprocher de certaines molaires anglaises sensiblement de même âge : par exemple, n° 28.118 B. M. de Grays-Essex, n° 27.907 B. M, de Clacton, n° 3.946 de Saffron Walden, etc.

On peut également comparer notre pièce de Lowestoft à certaines énormes molaires trouvées en France à Tilloux, à Chelles, dans la terrasse de 30^{m} de la vallée de la Saône, etc.; en Italie, dans le Val di Chiana, dans les alluvions du Pô; en Allemagne, à Taubach, etc. Elle en a les dimensions considérables, les caractères des lames et de l'émail, la fréquence laminaire et, comme elles, sans aucun doute, se rapporte à l'un des derniers représentants du rameau de l'*E. antiquus*.

A côté de ce rameau *E. ausonius-E. antiquus*, se place un autre rameau du même groupe : le rameau de l'*E. melitensis*, dans lequel on observe une mutation du Quaternaire anglais *Elephas priscus* Falconer, non Goldfuss.

E. priscus est très rare. Il a été signalé à Grays-Turrock (n° 39.370 B. M.). Il s'agit d'une arrière-molaire inférieure gauche décrite par Falconer. A première vue, elle présente une ressemblance assez déconcertante avec les M. d'*Elephas africanus* par son loxodontisme fort accentué, mais elle a des lames beaucoup moins losangiques et un sinus loxodonte mieux détaché, et plus dans le style de l'*E. antiquus*. La partie antérieure de la lame est concave. Longueur de la couronne, 220^{mm} ; largeur 77^{mm} ; hauteur au niveau de la 7e lame, 69^{mm}. La formule dentaire a dû être de $x - 12 - x$.

A l'*E. priscus* a été rapportée une demi-mandibule rencontrée sur la côte entre Cromer et Lowestoft et provenant vraisemblablement du Laminated blue clay.

Nous avons rencontré à Ilford (alluvions de la Tamise) une autre demi-mandibule gauche, bien conservée et portant M_3. Il reste une partie de la symphyse, le branche horizontale et la branche montante. Comme caractères à noter : grande hauteur du corps mandibulaire (190^{mm} au niveau de la partie antérieure de la dent ; deux trous mentonniers, le supérieur très développé, situé à 32^{mm} de l'insertion de la dent, alors qu'il l'est à 65^{mm} dans une mâchoire homologue d'*E. africanus*. La M_3 présente 8 lames en fonction et 3 lames non usagées; il doit manquer une lame et le talon antérieur. Ces lames sont épaisses, à émail large, festonné ; leurs extrémités sont arrondies, la partie postérieure de la lame présente un large sinus loxodonte. Longueur : 250^{mm} (280 à 290^{mm} avec restitution des parties disparues). Largeur : 76^{mm}. Fréquence laminaire : 3,8.

On ne saurait rapprocher *E. priscus* du groupe tout à fait différent de l'*Elephas africanus*. Il est difficile de le placer dans le rameau d'*E. antiquus* avec lequel il a cependant d'incontestables affinités. Aussi, nous nous rallions volontiers à l'interprétation donnée par MM. Depéret et Mayet dans leur récente Monographie des Éléphants pliocènes (*Annales de l'Université de Lyon*, 1923) en rattachant *E. priscus* au rameau des formes naines méditerranéennes et périméditerranéennes. Ce rameau, en évoluant, s'est développé jusqu'à donner des animaux de grande taille, tel *Elephas atlanticus* Pomel, tel aussi *E. priscus*.

Il est fort probable que ce rameau a pénétré en Angleterre au début du Tyrrhénien et s'y est maintenu pendant un certain temps, parallèlement au rameau principal, mais les deux rameaux se trouvaient proches de leur extinction et c'est en même temps qu'ont disparu d'Angleterre *E. antiquus* et *E. priscus*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les hydrocarbones solubles du grain de blé au cours du développement*. Note de MM. **H. Colin** et **H. Belval**, présentée par M. L. Maquenne.

Müntz, le premier (1878), a signalé l'importance des hydrates de carbone solubles présents dans les graines des céréales [1]; de l'avis de l'illustre

[1] Müntz, *Comptes rendus*, t. 87, 1878, p. 679.

agronome, ces principes entrent pour moitié dans la substance du grain peu développé; ils diminuent graduellement à mesure que la maturation avance et sont remplacés par l'amidon qui se forme sans aucun doute à leurs dépens.

Il semblerait naturel d'admettre qu'il s'agit là de dextrines qui attendent leur condensation à l'état d'amidon. Müntz exclut formellement cette hypothèse; à l'en croire, c'est le sucre de canne qui accompagne ainsi l'amidon, tout au moins dans les grains de blé, d'orge, d'avoine et de maïs; le seigle fait exception et renferme une substance spéciale, le synanthrose.

Ces vues n'ont pas été intégralement confirmées. D'une part, le synanthrose a disparu de la liste des composés définis [1]; par ailleurs, Tanret a retiré de la farine de blé aussi bien que de la farine de seigle une lévulosane nouvelle, la *lévosine* [2], dont les propriétés sont les suivantes : soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool fort, précipitable par la baryte, non fermentescible, non réductrice, hydrolysée par les acides étendus avec formation de lévulose; densité 1,62; point de fusion 160°; $[\alpha_1] - 36$; $[\alpha_2] - 76$.

Serait-ce ce produit, ou un mélange de sucre et de lévosine, que Müntz aurait pris tantôt pour du synanthrose, tantôt pour du sucre de canne, et que d'autres continuent à considérer comme une dextrine?

Nous nous limiterons pour l'instant à l'étude du blé, dont nous avons analysé les grains à diverses reprises depuis l'époque de la fécondation jusqu'à la maturité.

Peu de temps après la floraison, dès qu'il est possible d'isoler les grains, on les trouve remplis d'un suc laiteux déjà riche en amidon. L'alcool à 70° enlève, à chaud, la totalité des hydrocarbones solubles. L'extrait alcoolique, concentré dans le vide, repris par l'eau et déféqué, réduit faiblement la liqueur de Fehling et dévie nettement à gauche. L'addition de sucrase provoque une augmentation du pouvoir réducteur et un recul de la déviation; l'hydrolyse, rapide au début, se poursuit avec lenteur; l'indice de réduction enzymolytique, d'abord égal à celui du saccharose, croît ensuite quelque peu jusqu'à la fin de la réaction diastasique. La liqueur, traitée alors au bain-marie bouillant par les acides dilués, accuse une augmentation considérable du pouvoir réducteur et le pouvoir rotatoire s'abaisse au-dessous de — 50.

De toute évidence, les grains de blé à peine formés renferment du sucre réducteur libre, une lévulosane non fermentescible qu'on identifie aisément

---

(1) Tanret, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 9, 1893, p. 627.
(2) Tanret, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 5, 1891, p. 724.

avec la lévosine de Tanret, du sucre de canne et, sans doute, un principe lévogyre tributaire de la sucrase. On trouve ainsi environ 6 pour 100 de lévosine, 1,5 pour 100 de saccharose et à peine 1 pour 100 de sucre réducteur qui constituent toute la réserve hydrocarbonée soluble; après épuisement par l'alcool, les grains repris par l'eau froide ne livrent pas trace de dextrines.

A mesure que la saison s'avance et que le grain s'enrichit en amidon, les hydrates de carbone solubles perdent de leur importance; en outre, leurs proportions respectives se modifient; les pouvoirs rotatoires avant et après inversion ne cessent d'augmenter et le rapport du glucose au lévulose dans les produits d'hydrolyse se rapproche de l'unité. Les dernières étapes sont très vite parcourues ainsi que l'ont fait remarquer Isidore Pierre et Dehérain.

A la maturité, il n'y a plus dans le grain que 0,15 pour 100 environ de sucre réducteur libre, 0,40 pour 100 de sucre cristallisable et à peu près autant de lévosine.

Les analyses ont porté sur un blé de Vilmorin à grand rendement, le blé des Alliés; on a dosé séparément le sucre réducteur, le saccharose, la lévosine et l'amidon; on a déterminé, de plus, les pouvoirs rotatoires $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ de la réserve hydrocarbonée soluble, avant et après inversion, ainsi que le rapport $\frac{G}{F}$ du glucose en fructose dans les produits d'hydrolyse.

Hydrates de carbone des grains de blé pour 100 du poids frais.

	Solubles.						Insoluble.
Dates des récoltes.	$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$ $t = 18°$.	Sucre réducteur.	Saccharose.	Lévosine.	$\frac{G}{F}$.	Amidon.
1922							
12 juin...	−10	−59	1,10	1,02	6,07	0,29	4,94
15 juin...	− 8	−57	0,84	2,32	5,58	0,32	5,34
20 juin...	− 7	−59	0,74	1,44	5,88	0,29	8,13
26 juin...	− 5	−47	0,77	1,14	5,30	0,46	12,35
1er juillet.	0	−53	0,72	1,24	3,48	0,37	16,62
17 juillet.	+30	−23	0,45	0,83	1,45	0,92	40,47
25 juillet.	+32	−25	0,15	0,57	0,76	0,85	61,84
1923							
2 juillet.	− 9	−65	0,67	1,09	6,94	0,23	6,32
11 juillet.	0	−50	0,33	1,05	0,87	0,40	22,50
13 juillet.	+ 8	−54	0,25	0,80	0,37	0,36	28,00
17 juillet.	+16	−50	0,09	0,33	0,24	0,40	37,00
20 juillet.	+37	−41	0,17	0,41	0,51	0,52	38,30
24 juillet.	+40	−28	0,13	0,45	0,32	0,80	50,40

Tels sont les faits. Pas plus dans le grain des céréales que dans les tubercules de pomme de terre ou les bulbes de jacinthe, il n'est possible de saisir les phases successives de la synthèse de l'amidon; nulle part les dextrines ne se rencontrent en quantité appréciable. La réserve hydrocarbonée soluble du grain de blé est constituée en majeure partie par une lévulosane, la même dont nous avons signalé la présence dans la tige (¹) et qui n'est autre que la lévosine trouvée par Tanret dans la farine. Abondante dans les tiges au moment de la floraison et dans les grains à peine formés, la lévosine s'efface ensuite peu à peu; tout fait supposer que la réserve amylacée s'accroît à ses dépens.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'état de l'huile dans la cellule de réserve des graines oléagineuses. La graine en germination.* Note de MM. **A. Policard** et **G. Mangenot**, présentée par M. Roux.

Dans une Note récente [2], nous avons signalé les faits suivants. Dans l'albumen des graines mûres et *non germées* de Ricin, l'huile remplit totalement les cellules; les grains d'aleurone semblent suspendus dans cette masse oléagineuse; le cytoplasme est invisible. Ce dernier doit être considéré comme physiquement incorporé à l'huile. Nous nous rallions ainsi, dans une certaine mesure, à l'hypothèse émise par Tschirch d'un « Ölplasma » tout à fait spécial.

Il est facile de concevoir la genèse de cet état cellulaire. Dans la graine en maturation, l'huile existe sous forme de gouttelettes de volume variable réparties dans le cytoplasme aqueux. L'huile augmentant sans cesse et la déshydratation s'accentuant progressivement, il se produit, à un stade donné, une rupture de l'équilibre colloïdal du système; ce n'est plus l'huile qui se trouve dispersée dans le cytoplasme aqueux, mais bien celui-ci dans l'huile. Cette explication prend un appui sur des faits analogues bien connus dans la physico-chimie des corps gras.

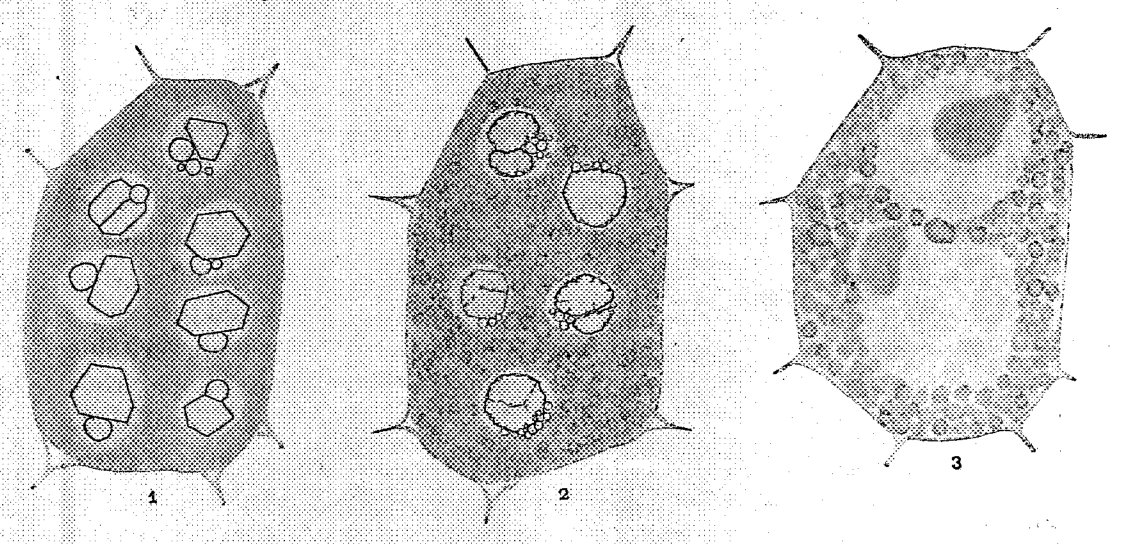
Nous nous proposons aujourd'hui d'étudier les modifications de cette singulière disposition au cours de la germination.

Une graine commençant à germer (radicule de 2-3^{mm}) est sacrifiée. Des coupes (25$^{\mu}$) faites dans l'albumen à l'aide du microtome à congélation, sont colorées au bleu d'indophénol et montées dans le sirop d'Apathy. A

[1] H. Colin et H. Belval, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1447.

[2] A. Policard et G. Mangenot, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1841.

un grossissement faible, la structure semble être la même qu'avant la germination. Mais, au moyen d'objectifs plus puissants, on reconnaît que la masse d'huile n'est plus homogène; elle est cloisonnée par un reticulum cytoplasmique extrêmement ténu et peu visible. La goutte primitivement homogène se trouve ainsi segmentée en gouttelettes étroitement contiguës (*fig.* 2). Cet état s'observe spécialement dans la zone périphérique, la plus directement hydratée, de l'albumen. Au voisinage des cotylédons, l'état primitif homogène s'est conservé.



L'albumen d'une graine prise à un stade plus avancé de germination (radicule de 1^{cm} de long) présente une coupe encore plus instructive. Entre la région sous-tégumentaire, dans laquelle la saponification s'exerce avec le plus d'intensité, et la zone interne, contiguë aux cotylédons, où les processus diastasiques sont à peine marqués, on observe tous les intermédiaires. Dans cette zone profonde, le type cytologique existant avant la germination n'a pas changé : l'huile se trouve toujours, dans chaque élément cellulaire, sous forme de masse homogène (type de la figure 1). En examinant successivement des régions de plus en plus externes, on observe la segmentation de cette goutte massive en innombrables gouttelettes, par un réseau cytoplasmique, d'abord très délicat (type de la figure 2), puis à mailles progressivement plus épaisses. Enfin, dans les zones périphériques, on voit ces gouttelettes se fusionner en gouttes de dimensions variables, en même temps que le cytoplasme devient abondant (*fig.* 3).

En somme, au cours de la germination, des phénomènes semblables à

ceux de la maturation, mais en sens inverse, se déroulent. Sous la double influence de la diminution de l'huile et de la prise d'eau, l'équilibre colloïdal cellulaire se modifie. Ce processus physique se traduit à nos yeux par un changement d'aspect : au lieu d'une masse oléagineuse homogène, on voit une multitude de gouttelettes d'huile en suspension dans le cytoplasme.

A la suite de notre Communication initiale, M. Pierre Dangeard [1] a apporté à ce sujet quelques observations intéressantes. Il n'admet pas la possibilité d'un fusionnement, à un moment donné, de toutes les gouttelettes oléagineuses et d'un effacement total, à nos yeux, du cytoplasme dans la masse huileuse.

Au début de nos recherches, nous avons, comme M. P. Dangeard, cru à la persistance du reticulum cytoplasmique dans la cellule de la graine mûre non germée. Mais l'observation vitale ne nous ayant jamais permis de distinguer ce réseau, nous avons essayé d'en déceler l'existence par d'autres procédés. De multiples essais furent vains. Même en employant l'éclairage latéral sur fond noir, nous n'avons pas réussi à trouver, dans la masse huileuse, trace de cloisons, reticulum, ou formations cytoplasmiques quelconques; on ne voit que les grains d'aleurone. L'existence d'un véritable effacement, d'une sorte d'intégration du cytoplasme dans l'huile, sous forme de micelles que nul microscope ne peut révéler, nous paraît donc évidente. Mais, sous l'influence d'une hydratation (germination), ce cytoplasme redevient phase externe et apparaît alors à nos yeux.

Ce phénomène, en lui-même, n'a rien de très extraordinaire. Il est de constatation banale dans les tissus et humeurs des animaux, et bien connu dans la chimie des matières grasses. Mais à notre connaissance tout au moins, il n'avait pas été signalé dans la cellule végétale. En appelant « Ölplasma » le contenu de la cellule des albumens oléagineux, Tschirch avait eu, cependant, une assez juste idée de la constitution de cet élément spécial. Notre contribution au problème consiste dans une explication de ce singulier état réversible du cytoplasma. De nombreux points restent encore à déterminer; le degré de fréquence du phénomène devra, par exemple, être précisé [2]. Sans considérer cette étude comme close, nous croyons utile d'en souligner les résultats acquis.

---

[1] Pierre Dangeard, *Comptes rendus*. t. 177, 1923, p. 67.

[2] Des observations sommaires sur des embryons de Maïs, de Noyer, d'Arachide, d'Amandier, nous permettent de considérer comme possible une généralisation à ces divers tissus de réserve oléagineuse des faits essentiels signalés pour l'albumen du Ricin.

ANATOMIE. — *Sur la constitution anatomique et la signification du pavillon de la trompe utérine chez la femme.* Note de M. E. GRYNFELTT, présentée par M. Henneguy.

D'après les classiques (Cruveilhier, Sappey, Henle) l'extrémité externe de la trompe utérine se dilate en un entonnoir découpé plus ou moins profondément en une douzaine d'appendices, souvent très déchiquetés sur leurs bords (*morsus diaboli*). Ce sont les *franges* ou *fimbriæ*, qui forment autour de l'orifice abdominal de l'oviducte une sorte de corolle élégante, disposée le plus souvent en plusieurs verticilles. Leur ensemble constitue le *pavillon tubaire*. La rangée la plus externe mériterait seule, d'après G. Richard, le nom de franges, les autres seraient de simples replis de la muqueuse qui revêt leur face interne.

C'est sur le bord libre de ces franges que la muqueuse se continuerait, d'après les données de Cruveilhier, de Sappey, de Koelliker, avec la séreuse péritonéale qui recouvre leur face externe. Dans le tissu conjonctif interposé s'insinueraient des faisceaux musculaires lisses qui représenteraient, dans le pavillon, la couche longitudinale de la tunique musculeuse de la trompe.

On retrouverait donc dans ces appendices, ou tout au moins dans les franges vraies de G. Richard, les éléments constitutifs des trois tuniques de l'oviducte (muqueuse, musculeuse et séreuse).

Toutefois Henle d'abord, puis Tourneux et Herrmann ont fait remarquer, depuis longtemps déjà, que la muqueuse déborde sur la face externe des *fimbriæ* et, plus récemment, Nagel soutenait que le péritoine s'arrête sur cette face, au niveau de la base des franges, de sorte que la muqueuse les revêt aussi bien sur leur face externe que sur l'interne.

J'ai pu vérifier sur un certain nombre de trompes le bien-fondé de cette opinion. Sur l'oviducte normal, observé en place, le pavillon rabattu en dehors, l'ampoule tubaire est délimitée extérieurement par un léger étranglement (*col de la trompe* des auteurs anglais), dont le versant externe est le plus souvent épaissi en un bourrelet plus ou moins saillant. C'est au centre de ce bourrelet que correspond l'*ostium abdominale*, et c'est sur lui, tout autour de l'orifice, que s'implantent les franges du pavillon.

Quand on examine des coupes longitudinales de l'extrémité abdominale de la trompe, on voit que ce bourrelet est déterminé par un épaississement du chorion de la muqueuse, très vasculaire à ce niveau. Le péritoine qui

revêt l'ampoule se prolonge jusqu'à sa surface; mais au delà, dès que la paroi s'évase pour constituer le pavillon des classiques, la face externe des franges apparaît revêtue de l'épithélium cilié caractéristique de la muqueuse tubaire. D'autre part, sur ces mêmes coupes, j'ai pu vérifier aussi l'exactitude des observations de Tourneux et Herrmann, d'après lesquelles les fibres longitudinales de la musculeuse de la trompe ne passaient pas dans les franges.

Il résulte de cet ensemble de faits que la muqueuse tubaire entre seule dans la constitution de ces plis, et par conséquent du pavillon de la trompe.

En d'autres termes, le conduit musculo-membraneux qui constitue la trompe, à proprement parler, s'arrête au niveau de l'*ostium abdominale*. Celui-ci est indiqué extérieurement par le col de la trompe ou plus exactement, sur le versant externe de ce sillon, par le bourrelet dont il vient d'être question ci-dessus.

Le pavillon de la trompe ou morceau frangé des anciens auteurs n'est donc, en définitive, qu'une houppe de plis de la muqueuse tubaire « en ectropion » sur le pourtour de l'orifice abdominal.

Ce point d'anatomie, en raison de quelques incertitudes que l'on trouve encore dans les traités classiques, méritait, semble-t-il, d'être précisé. Il importe d'être fixé sur la valeur morphologique exacte des franges du pavillon pour interpréter correctement les processus pathologiques dont elles sont le siège, en particulier, pour comprendre le mécanisme réel de l'oblitération de l'orifice abdominal de la trompe au cours des salpingites.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les phénomènes intimes de la respiration.* Note de M. **Jules Amar**, transmise par M. D. Berthelot.

L'objet de cette Note est de montrer que le *phénomène d'oxydation*, qui est l'essence de l'acte respiratoire dans tout le monde vivant, n'est pas un phénomène protoplasmique, ou ne l'est qu'accessoirement.

Considérons d'abord la grandeur des échanges gazeux dans l'organisme humain. Il est établi (Tiegerstedt, Lefèvre, Amar) que ce dernier consomme à l'état de complet repos l'équivalent en oxygène de 1 grande calorie par kilogramme-heure. Rapportée au poids d'une personne de 60^{kg}, c'est une *dépense par minute* de 1^{cal} ou 200^{cm^3} *d'oxygène*, mesurés à $0°$ et 760^{mm}.

A cet état de repos complet, le nombre de pulsations ou de *révolutions du sang* est à peine de 65, d'où une consommation d'oxygène de 3^{cm^3} par

l'ensemble des cellules du corps durant une révolution du sang. Et l'on admet, généralement, que ces 3^{cm^3} de gaz comburant sont pris *automatiquement*, *immédiatement*, par les globules rouges à l'air qui diffuse à travers la paroi pulmonaire. Nous répondons que cela n'est pas rigoureux et que l'acte considéré est autrement complexe.

1° Les globules rouges, en effet, présentent à *l'adsorption* de l'oxygène une surface trop considérable. Ils ont, en moyenne, $7^{\mu},50$ de diamètre et une épaisseur de 2^{μ}; la surface totale de ces petits disques s'élève pour chacun à

$$2 \times \pi \times \frac{(0^{mm},0075)^2}{4} + \pi \times 0,0075 \times 0,002 = 0^{mm^2},0001356.$$

Or chaque révolution cardiaque envoie aux poumons un volume de 3^{l} de sang au bas mot, dans le cas d'une personne de 60^{kg}. Comme il y a 5 millions de globules par millimètre cube de ce liquide, on calculera aisément que tous ces corpuscules développent, sous la membrane osmotique des alvéoles pulmonaires, une surface d'ensemble égale à 2000^{m^2}.

On a en effet

$$S = 0^{mm^2},0001356 \times 5.10^6 \times 3.10^6 = 2034^{m^2};$$

nous adoptons 2000 en chiffres ronds.

Il est clair que cette surface, si elle absorbait les 3^{cm^3} de gaz oxygène, ne le ferait pas *uniformément*; car l'épaisseur de la couche absorbée serait

$$3000^{mm^3} : 2034.10^6\,mm^2 = 0^{mm},00000147.$$

C'est environ $1^{\mu\mu},5$, *soit une grandeur inférieure à celle de la molécule*, qui est de $4^{\mu\mu},12$.

2° L'adsorption globulaire ne peut donc s'effectuer ni régulièrement, ni uniformément. Et voici comment les choses se passent *en réalité*.

Plaçons dans un flacon de *l'ovalbumine* séparée d'un œuf fraîchement pondu. Le flacon est maintenu à 37°, et relié par une tubulure à un appareil à double ampoule contenant de l'oxygène. Ce système permet d'introduire l'oxygène à une pression de mercure exactement mesurée, de ramener à la pression initiale et de lire ainsi le volume de gaz adsorbé, ou absorbé par la solution colloïdale.

Au bout de 24 heures, ce volume représente 1^{cm^3} *d'oxygène pour* 100^{g} *d'ovalbumine*. Par contre, en chassant le gaz du flacon, on y trouve plus de $2^{cm^3},3$ *d'anhydride carbonique*. D'où l'on peut conclure qu'il y a eu simplement *dissolution d'oxygène* dans le liquide, et que le gaz carbonique était contenu dans ce dernier. On sait que le coefficient d'absorption de l'oxygène par l'eau est, à 37°, de 0,025. Par conséquent, l'ovalbumine n'adsorbe nullement ce gaz.

Le phénomène immédiat et certain consiste en une diffusion à travers la paroi des poumons; elle met instantanément, à la disposition du sang, 75^{cm^3} *d'oxygène dissous :* $3000^{cm^3} \times 0,025 = 75^{cm^3}$. Et c'est là, dans cette solution, que les globules rouges prennent le gaz vital et vont le porter aux cellules de l'organisme. *L'adsorption hématique est subordonnée à la dissolution préalable de l'oxygène dans le liquide sanguin.*

3° Physiologiquement, cela seul est admissible. La vie cellulaire s'accomplit grâce à cet apport d'oxygène, *circulant dans la sève des plantes* ou dans le sang des animaux. Elle est continue, *constante* à un âge et à une température déterminés. Elle résiste aux anesthésiques; tandis que chloroforme ou éther suspendent l'*assimilation chlorophyllienne*, œuvre du protoplasma, ils n'ont pas d'action immédiate et grave sur la respiration. Celle-ci n'est donc pas protoplasmique; elle se règle et se détermine par le jeu des *diastases oxydantes*. Le fait n'a plus besoin d'être démontré.

Dans ces conditions, la dépense d'oxygène, évaluée ci-dessus à 3^{cm^3}, est fonction des sécrétions diastasiques des cellules. Elles viennent opposer, au *mécanisme physique de la diffusion* qui se révèle aux poumons, un *mécanisme chimique* d'ordre catalytique. On ne peut rien affirmer ici, sinon que l'*intensité* des combustions céllulaires est le seul trait qui distingue l'animal de la plante. Pour suffire à la thermogénèse, pour couvrir les frais de la contraction musculaire, les cellules accroissent leurs oxydations. Je crois avoir établi (1) que cette activité cellulaire obéit à un réflexe d'origine physico-chimique.

Il est impossible de ne pas déduire de cet enchaînement que les globules rouges n'ont pas de rôle chimique dans les combustions cellulaires; ils ne possèdent pas de rôle physique primordial dans la diffusion; ce ne sont pas les véhicules indispensables de l'oxygène. *Leur véritable fonction est d'augmenter, par leur adsorption de ce gaz, et de régulariser comme un volant, la réserve d'oxygène des animaux supérieurs.* Elle les soustrait aux à-coups de la vie, garantissant la continuité de celle-ci. Le phénomène respiratoire est profond, éloigné de la paroi de diffusion par des mécanismes protecteurs qui se commandent l'un l'autre et se suppléent admirablement (2).

---

(1) Voir *Comptes rendus* du 26 mars et du 9 avril 1923.

(2) Ce rôle de volant dépend de la *masse* et de la *surface* des hématies. Si les circonstances exigent qu'il devienne plus actif, alors l'un de ces facteurs, ou les deux à la fois, se modifient. Par exemple, en haute montagne les globules sont plus nombreux

ÉNERGÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Des dépenses d'énergie de l'organisme dans la marche en descente, sur plan incliné.* Note [1] de MM. **R. Faillie** et **J.-P. Langlois**, transmise par M. Blondel.

Sur le trottoir roulant, décrit dans une Note précédente [2], nous avons cherché à mesurer par la méthode des échanges respiratoires la valeur des dépenses énergétiques en fonction de la pente. Nous avons employé le spiromètre de Tissot avec son masque, et l'eudiomètre de Laulanié.

Dans toutes les expériences, la pente varie entre 0 et 25 pour 100. La vitesse du tapis fut uniforme et constante, $4^{km},500$ à l'heure; l'amplitude du pas, 0,625 et la fréquence, 120 pas par minute. L'unité d'effet utile (Coulomb) employée fut le mètre-kilogramme (mkg), c'est-à-dire l'effet utile correspondant au transport de 1^{kg} à 1^{m} compté parallèlement au plan sur lequel marche le sujet. L'équivalent énergétique correspondant à cet effet utile fut calculé en petites calories par mètre-kilogramme, puis rapporté à un poids de 1^{kg} descendu de 1^{m}.

Nous avons trouvé les résultats suivants :

	Pente.	Énergie par kilogramme déplacé de	
		1^{m} parallèlement à la pente (mkg).	1^{m} verticalement.
En palier :	0 pour 100.....	0,53	»
Pour une pente de	5 pour 100........	0,45	8,7
»	10 »	0,30	3,0
»	15 »	0,28	1,8
»	20 »	0,47	2,2
»	25 »	0,55	2,2

Ces chiffres comportent une erreur maxima de 0,02 et ils résultent de la moyenne des résultats de 20 analyses de l'air expiré au moins, entachées d'une erreur de 10 pour 100 chacune. La longueur totale de la marche fut comprise entre $4^{km},500$ et 30^{km}.

---

et plus petits; mais on manque de certitude à cet égard. Il faudrait, en examinant la coagulation de sang au niveau de la mer et à une grande altitude, décider si la masse des globules varie. Selon toute vraisemblance, on trouvera que *seule la surface augmente par fragmentation des éléments préexistants.* Les forces physico-chimiques qui sont en œuvre s'exercent davantage à la surface de l'hématie que sur sa masse.

[1] Séance du 23 juillet 1922.

[2] *Comptes rendus*, 6 juin 1921.

Le Tableau montre que la dépense d'énergie par mètre-kilogramme, en fonction de la pente, décroît d'abord (déjà vu par Magne), passe par un minimum pour une pente de 15 pour 100, puis croît à nouveau, pour dépasser, à partir d'une pente de 25 pour 100, la dépense en palier.

Or, dans une Note précédente, nous avons montré que le sujet augmentait l'oscillation verticale de son corps, dans la marche en descente, dans les pentes supérieures à 5 pour 100.

Si l'on appliquait la formule de la marche de Marey, on trouverait un travail de marche plus grand, et cependant l'équivalent énergétique est moindre. Ce résultat semble paradoxal. Nous avons voulu voir si ce paradoxe se retrouverait en effectuant une série d'expériences comparatives dans lesquelles le sujet descendait pendant 15 minutes une pente donnée, puis marchait ensuite pendant le même temps sur un plan horizontal, entraîné par une force de traction égale à la composante $F = P \sin\theta$ de son poids P, parallèle à la pente considérée d'angle θ.

Les résultats de ces expériences, à parcours égaux, furent les suivants :

Dépense par mètre-kilogramme en descente.		*Dépense en palier avec traction par une force* F *équivalente à l'effet de la pente.*	
Pente.	Dépense.	Pente.	Dépense.
5 pour 100	0,45	5 pour 100	0,45
10 »	0,35	10 »	0,35
15 »	0,30	15 »	0,30
20 »	0,48	20 »	0,51
25 »	0,55	25 »	0,55

La valeur des dépenses énergétiques est donc sensiblement la même pour une pente donnée ou pour une traction équivalente à cette pente, aux erreurs expérimentales près. Cependant les conditions mécaniques sont notablement différentes. Au début du pas postérieur, la pesanteur en descente tend, en effet, à abaisser le centre de gravité, au lieu que la traction en palier aide à le soulever.

Cependant, la pente ou la traction mettent à la disposition de l'organisme la même puissance dans les deux cas. Il est intéressant de noter que l'organisme, malgré les différences de forme de ces puissances, se plie à les mettre en œuvre avec un même rendement, sauf dans le cas de la pente de 20 pour 100.

Nous ne devons pas nous étonner outre mesure de cette exception, à cause de la complexité même de ces phénomènes; il serait très possible qu'un

entraînement plus considérable la fît disparaître. Notons-la, au contraire, ainsi que le freinage qui se produit pour une pente de 25 pour 100 ou pour une traction équivalente. Toutes ces questions sont liées très étroitement à celles de l'entraînement instantané ou acquis.

L'organisme fait donc usage de l'énergie potentielle qu'il possède pour sa locomotion. La marche entraîne une dégradation de cette énergie par l'organisme, que l'homme peut, dans certaines limites, faire varier, en augmentant ou en diminuant son oscillation verticale. Mais quand la limite maxima sera dépassée, l'organisme freinera; et l'énergie dépensée, qui était passée par un minimum, devra croître à nouveau.

De ces expériences, nous pouvons donc conclure que, dans la marche en descente sur un plan incliné, l'organisme utilise de l'énergie extérieure pour sa locomotion.

Pour une allure de 4^{km},500 à l'heure, la descente d'une pente de 15 pour 100 est celle qui nécessite la plus petite dépense d'énergie, soit pour un déplacement horizontal, soit pour un déplacement vertical. C'est cette pente qui devra être choisie de préférence à toute autre dans un itinéraire, par le marcheur, l'excursionniste, le soldat. C'est elle qui devra être employée dans les chantiers pour le transport ou la descente des matériaux; dans les ports pour le déchargement des navires, dans tous les lieux où il est fait usage de plans inclinés utilisés par l'homme.

ZOOLOGIE. — *Un essaimage en plein jour d'une Annélide polychète :* Pionosyllis lamelligera. Note [1] de M. R. **Herpin**, transmise par M. Gravier.

L'essaimage d'une Annélide polychète en plein jour n'a été que très rarement observé [2]. Or deux fois, en 1921 et en 1923, au début de mai, j'ai pu voir nager au plein soleil de nombreux *Pionosyllis lamelligera* de Saint-Joseph. Tous les individus capturés étaient épitoques et par conséquent pourvus de soies natatoires.

Cette année, en particulier, les mares de la zone des Laminaires, ainsi que la mer elle-même, étaient sillonnées de nombreux individus de cette espèce. On distinguait aisément les femelles mauves des mâles

---

[1] Séance du 23 juillet 1923.

[2] Fauvel, *Annélides polychètes pélagiques*, p. 97 (*Résultats des campagnes scientifiques du prince de Monaco*).

qui étaient blancs; d'autres individus plus courts et de teinte plus sombre étaient vides, ainsi que je m'en assurai en les capturant.

Les uns et les autres nageaient à la surface en serpentant en lignes droites ou courbes et décrivant rarement de petits cercles; parfois ils plongeaient obliquement, revenaient à la surface, mais ne se posaient que bien rarement sur les frondes de *Laminaria flexicaulis* dont les extrémités atteignaient la surface de l'eau.

Lorsqu'une femelle se dispose à pondre, sa natation *se ralentit* et soudain un nuage d'œufs s'échappe *latéralement* du corps de l'animal et se répand à la surface de l'eau, formant un petit rectangle de quelques centimètres dont les bords reproduisent les sinuosités de l'animal nageant. La presque totalité des œufs est évacuée : j'ai pu m'en assurer en capturant et isolant des femelles aussitôt après la ponte.

La ponte s'effectue sans qu'aucun *P. lamelligera* mâle vienne nager dans le voisinage immédiat de la femelle. Il paraît donc vraisemblable que, comme chez les Néréidiens à métamorphoses, la ponte est provoquée par la présence des spermatozoïdes, sans que celle du mâle soit nécessaire ([1]). Je n'ai d'ailleurs vu qu'un petit nombre de mâles et *seulement au début*, alors que j'ai assisté à la ponte de très nombreuses femelles. Le grand nombre d'individus nageant à mon arrivée montre que la sortie en masse s'était effectuée déjà depuis un certain temps. De l'ensemble de ces observations, je crois donc pouvoir conclure que les mâles avaient pour la plupart émis leurs spermatozoïdes avant que les femelles ne pondent.

Au bout de trois quarts d'heure le nombre d'individus nageant était très réduit et tous étaient vides.

Les individus capturés furent disposés dans des cristallisoirs. Cinq jours après leur capture, un certain nombre de *P. lamelligera* vidés étaient encore bien vivants, mais ils ne nageaient plus et cherchaient à se construire un abri avec les débris se trouvant dans l'eau du cristallisoir; de plus *ils avaient perdu leurs soies natatoires*. La survie semble donc certaine.

Remarquons enfin que ces deux essaimages se sont produits au début de mai, en plein soleil : le premier, deux jours après une nouvelle lune; le second, trois jours après une pleine lune; l'un et l'autre, au moment de la basse mer entre 3^h et 4^h. Ces trois dernières circonstances ne sont

---

([1]) HERPIN, *Sur les relations sexuelles chez* Perinereis cultrifera *Gr.* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 417); — *Comparaison entre le comportement sexuel de quelques Néréidiens des côtes de la Manche* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 536).

d'ailleurs pas indépendantes : deux quelconques d'entre elles entraînant nécessairement la troisième.

En résumé :

1° La métamorphose de *Pionosyllis lamelligera* est au moins aussi rapide que celle des Néréidiens, mais elle est *moins complète*. En effet, *les soies composées persistent* lors du développement des soies natatoires : j'ai constaté leur présence chez tous les individus ayant nagé. D'autre part, il ne semble pas y avoir régression du tube digestif qui, par transparence, apparaît intact chez les femelles ayant pondu.

2° Alors que chez les Néréidiens à métamorphoses la ponte se produit par l'anus (ce qui exige la destruction au moins partielle du tube digestif) ou par rupture des téguments de la région postérieure; chez *Pionosyllis lamelligera* elle a lieu vraisemblablement par les orifices néphridiaux.

3° Une conséquence de ce fait est que la survie des Néréidiens à métamorphoses est insignifiante : quelques heures pour les femelles et quelques jours pour les mâles. Au contraire, les *Pionosyllis lamelligera*, ne pondant pas par rupture, mais par des orifices naturels, peuvent survivre et en fait la survie se produit. Mais l'animal perd ses organes de vie pélagique, à savoir ses longues soies plates. Il reprend sa vie sédentaire grâce à ses soies composées qu'il n'avait point perdues.

4° Alors que l'essaimage des Néréidiens, à part de très rares exceptions, ne se produit que la nuit, celui de *Pionosyllis lamelligera* s'effectue en plein soleil.

5° Il est vraisemblable que le mécanisme de la ponte et de l'émission des spermatozoïdes est le même que chez les Néréidiens à métamorphoses et à fécondation externe.

6° Toutefois des différences essentielles sont à noter : les *Nereis* pondent par leur partie postérieure en nageant *très rapidement en cercles*, ce qui a pour effet de disséminer les œufs. Cette dissémination est d'autant plus utile que les œufs *tombent immédiatement au fond* et adhèrent au substratum par une enveloppe se développant assez rapidement après la fécondation. Au contraire, *P. lamelligera* pond latéralement en serpentant en ligne droite et en *ralentissant* sa natation. Il n'y a donc aucune dissémination du fait de l'animal; mais comme les œufs flottent, elle se fait sous l'action des vagues. Ce fait donne à penser que la larve de *P. lamelligera* serait pélagique, alors que celles des Néréidiens ne sont nageantes que fort peu de temps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La composition des organismes au cours de l'ovogenèse chez la grenouille rousse* (Rana fusca). Note de MM. **Émile-F. Terroine** et **H. Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Nos recherches antérieures sur la formation des œufs chez la grenouille nous ont permis de noter les faits suivants :

a. L'accroissement des œufs et, par conséquent, l'accumulation des matières grasses qu'ils renferment, se poursuivent, pour une part considérable, pendant toute la période hivernale, époque au cours de laquelle l'animal n'ingère que peu ou pas de nourriture (¹).

b. Au moment de la ponte, l'animal ne renferme dans son organisme, débarrassé de ses ovaires, que des quantités de graisses extrêmement faibles (²).

Ces constatations nous ont amenés à nous poser les questions suivantes :

1° *Quelle est l'origine des matières grasses des œufs?* L'organisme emmagasine-t-il dans ses lieux de réserve, pendant la période estivale, les graisses qu'il dirige ensuite vers les ovaires? Ou bien — fait qui serait intéressant au point de vue de la question depuis si longtemps débattue, mais jamais résolue, de la formation des graisses aux dépens des protéiques — la graisse des œufs est-elle le résultat d'une synthèse effectuée à partir des tissus? Si la première hypothèse est exacte, le contenu global de l'organisme en graisse ne doit pas varier sensiblement depuis la fin de la période estivale jusqu'à la ponte; si, au contraire, il y a néoformation, le taux des graisses doit s'élever pendant cette période.

2° *Quel est l'état des réserves de l'organisme au moment de la ponte?* Sans vouloir aborder de front le problème des causes déterminantes de la ponte, ne peut-on pas mettre en évidence certaines données caractéristiques de l'organisme pour ce moment? Et ne peut-on pas espérer trouver l'une de ces données dans l'état des réserves grasses?

Pour répondre à ces deux questions nous avons procédé à des dosages de matières grasses sur des grenouilles recueillies par lots, pendant toute une année, commençant la récolte immédiatement après la ponte et la poursuivant jusqu'à la ponte suivante. D'autre part, pour juger de l'importance des réserves au moment de la ponte, nous

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1757.
(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 740.

avons comparé les valeurs obtenues aux résultats antérieurement acquis par l'un de nous (Terroine) lors de la mort par inanition (élément constant).

On trouvera dans les deux Tableaux ci-dessous l'ensemble des résultats obtenus : valeurs moyennes calculées sur 6 à 12 déterminations expérimentales :

Variations de la teneur en substances grasses et lipoïdiques totales.

Dates.	Teneur de l'organisme total par kilogramme.	Teneur de l'organisme débarrassé des ovaires par kilogramme.	Teneur des ovaires rapportée au kilogramme d'animal.	Graisses et lipoïdes des ovaires en pour 100 du contenu total de l'organisme.
1-3 avril	9,10	»	»	»
22 mai	9,85	9,84	0,15	1,53
21 août	17,58	15,16	2,75	15,43
6 septembre	22,78	16,67	5,62	28,69
2 novembre	19,23	10,6	9,90	51,45
28 novembre	21,65	10,3	12,01	57,18
31 décembre	21,95	11,76	11,52	52,50
10 février	19,45	8,19	12,32	63,35

Teneur en substances grasses et lipoïdiques totales au moment de la ponte et lors de la mort par inanition (en pour 100 du poids frais).

	Au moment de la ponte (corps débarrassés des ovaires).		
	26 février 1921.	10 février 1922.	Sujets morts d'inanition.
	7,8	8,26	5,8
	7,8	6,65	6,4
	8,0	9,92	5,8
	8,8	6,17	6,7
	8,8	9,90	6,7
	10,4	7,28	5,7
Moyennes...	8,6	8,19	6,18

Les valeurs obtenues permettent des réponses très précises aux questions posées.

1° L'étude comparée du contenu en matières grasses des œufs et des organismes producteurs permet de constater : un enrichissement considérable de l'organisme total, pendant toute la période estivale; le maintien du même taux pendant la période hivernale; une augmentation considérable des corps gras de l'ovaire pendant la période hivernale. Il n'y a donc pas

synthèse des graisses aux dépens des tissus, mais simple transport dans l'ovaire des graisses préalablement accumulées dans l'organisme.

2° Au moment de la ponte, l'organisme, sans les ovaires, ne contient plus que des quantités infimes de matières grasses. Le taux de ces matières, 8g par kilogramme, n'est alors que très légèrement plus élevé que celui de l'élément constant, 6g par kilogramme, observé lors de la mort par inanition. La ponte se produit donc à un moment où tout développement ultérieur des œufs serait impossible.

EMBRYOLOGIE. — *Origine du corps vitré et de la zonule.* Note [1] de M. **Ch. Dejean**, présentée par M. Henneguy.

Depuis une trentaine d'années, il a paru un grand nombre de Mémoires cherchant à établir l'origine épithéliale du corps vitré, qui serait formé par la *pars optica* de la rétine, tandis que la zonule le serait par la *pars ciliaris* de cette dernière. Les observations rapportées dans une précédente Note montrent au contraire que, conformément à l'opinion de M. von Lenhossek (1911) [2], ces deux corps sont des formations du feuillet moyen qui n'ont rien à faire avec les épithéliums.

Ce sont des substances intercellulaires analogues à celles du tissu conjonctif, mais cependant nées indépendamment du mésenchyme, qui présentent dans l'œil une véritable autonomie et dont la lame anhiste, décrite par Kessler derrière l'épithélium cornéen des très jeunes embryons de Poulet, est un bon exemple.

La première ébauche du vitré se voit chez des embryons très jeunes (Rat de 5mm, Mouton de 11mm) sous la forme d'un coagulum amorphe d'une substance qui apparaît de part et d'autre du fond de la cavité oculaire aux points où la rétine s'écarte du cristallin. Cette substance, parfaitement continue avec les vitrées lenticulaire et cristallienne, se colore en bleu très clair passant peu à peu au bleu foncé des vitrées. Elle est homogène et simplement creusée de quelques vacuoles vides. La vitrée rétinienne est très nette. Sur les coupes bien orientées et passant par l'axe du globe oculaire, elle est légèrement tremblée, chaque saillie correspondant à celle

(1) Séance du 16 juillet 1923.

(2) M. von Lenhossek, *Die Entwickelung und Bedeutung der Zonulafasern* (*Arch. für mikros. Anatomie*, Bd 77, 1911).

d'une cellule embryonnaire rétinienne à sommet légèrement bombé en dedans.

Sur les coupes tangentielles, la vitrée, adhérant très intimement au feuillet rétinien et au pourtour de la face libre de chacune de ses cellules, dessine autour de celle-ci un cadre bleu très net. Dans les embryons plus âgés (embryons de Mouton de 13 à 20^{mm}), ce premier vitré présente des fibres plus ou moins épaisses dirigées radialement de la rétine vers la lentille et qui ont été prises généralement pour des prolongements des cellules rétiniennes ou de leur exoplasme. Les colorations au picro-noir naphtol montrent qu'il n'en est rien et que ce sont uniquement des fibres collagènes qui se teignent dans toute leur épaisseur en bleu foncé et qui ne renferment pas de prolongements rétiniens, lesquels seraient très aisément reconnaissables à leur teinte verdâtre, qui est celle de toutes les formations contenues à ce moment dans la rétine embryonnaire. Ces fibres se développent sans doute sous l'excitation fonctionnelle produite par l'étirement résultant de l'accroissement de la cupule optique qui s'écarte de plus en plus du cristallin. De même on verra plus tard des fibres analogues se développer sur les côtés de la cupule optique en formant un éventail étendu de la rétine ciliaire au cristallin et à travers le corps vitré et qui se rattachent à la même cause (écartement alors prédominant dans la zone ciliaire).

Le corps vitré ainsi formé mérite une place à part dans les tissus; c'est une substance fondamentale ou intercellulaire qui a un développement autonome et s'accroît d'un mouvement propre. Chez les Mammifères, l'existence d'un riche réseau vasculaire pourrait faire penser que cette substance provient d'une exsudation à travers les vaisseaux, mais l'absence de ceux-ci chez les Oiseaux où le corps vitré est de grande taille sans renfermer aucun vaisseau, ni aucune cellule capable de le sécréter, montre bien que cette exsudation n'est pas nécessaire. D'ailleurs le vitré n'est point exclu du reste de l'organisme; il est toujours en rapport, par les lames collagènes reliant la cupule optique et le cristallin, avec les espaces conjonctifs du feuillet moyen (ici la chambre antérieure) et avec les liquides qui les parcourent. Il se trouve donc par là dans des conditions analogues à tant d'autres substances intercellulaires dont l'accroissement propre ne fait pas de doute. Le rôle sécréteur attribué à certaines cellules rencontrées dans l'épaisseur du corps vitré, et dites névrogliques, n'est pas non plus prouvé. Il ne faut pas prendre pour des grains de sécrétion toutes les granulations d'une taille un peu supérieure à celle des microsomes et que l'on peut observer dans une cellule.

Les phases d'accroissement du vitré se présentent chacune avec des caractères propres; la première, qui chez les Mammifères s'accompagne du développement des vaisseaux hyaloïdiens, a été souvent mise à part, en l'opposant aux autres où ces vaisseaux manquent tout à fait. Ces distinctions sont légitimes, mais elles n'indiquent point une différence de nature des diverses régions du vitré, et les couches les plus jeunes de cet organe, celles qui se développent lors de la formation de la rétine ciliaire et de son écartement de la lentille, ont exactement la même valeur et les mêmes réactions colorées que les autres plus anciennes. Leur différenciation en fibres zonulaires est une adaptation en rapport avec la fonction qui leur incombe désormais, celle d'appareil de soutien et de fixation de la lentille. Les fibres zonulaires ne pénètrent jamais dans l'épithélium ciliaire, elles naissent exclusivement comme des formations tangentielles dans la vitrée ciliaire collagène qu'elles suivent sur une grande longueur avant de s'en écarter pour prendre leur direction définitive.

PROTISTOLOGIE. — *Sur les petits Flagellés de* Calotermes flavicollis (Fab.). Note de MM. **O. Duboscq** et **P. Grassé.**

Grassi, dans une série de travaux (1885-1917), a fait connaître les grands Flagellés (Hypermastigines) des *Calotermes flavicollis* d'Italie (*Jœnia*, *Mesojœnia*, *Microrhopalodina*). Sans pousser à fond l'étude des petites formes, il en a cependant décrit deux : l'une à six flagelles, *Monocercomonas termitis;* l'autre pourvue de 5 à 15 flagelles, *Eulophomonas calotermitis*. Il a vu encore un autre petit Flagellé qu'il a montré à Janicki (1915) et que cet auteur place entre les *Trichomastix* et les *Devescovina* et *Foaina*.

Ayant trouvé dans l'Hérault *Calotermes flavicollis*, nous avons repris l'étude de ses parasites intestinaux. Aujourd'hui nous indiquerons seulement le résultat de nos recherches sur les petits Flagellés du rectum, laissant de côté les *Jœnia* et *Microrhopalodina* que nous avons retrouvées. *Eulophomonas termitis* Grassi ne nous paraît pas exister dans notre Termite languedocien où nous n'avons jamais rencontré de petits Flagellés à plus de six flagelles. De ces petites formes nous trouvons quatre espèces différentes : *Hexamastix* (*Monocercomonas*) *termitis* Grassi, *Trichomonas Dogieli* n. sp., *Janickiella Grassii* n. g., n. sp., *Trimitus* sp. ?

Hexamastix (*Monocercomonas*) *termitis* Grassi. — Flagellé à corps ovoïde ou globuleux, se prolongeant postérieurement en pointe assez

longue. Longueur du corps renflé, 8 à 10$^{\mu}$; avec la pointe postérieure, 16 à 18$^{\mu}$. Noyau sphérique très antérieur.

D'un gros grain blépharoplastique antéro-latéral partent six flagelles dont cinq groupés ensemble; le sixième plus ou moins détaché peut être traînant. Un appareil parabasal sphérique ou ovoïde est relié au noyau et sans doute au blépharoplaste par un pédicule. L'axostyle, rempli de grains sidérophiles, contourne le noyau, longe le bord dorsal du corps et finalement forme l'axe de la pointe postérieure.

Cette polymastigine est manifestement le *Monocercomonas termitis* de Grassi. Nous ne croyons pas qu'elle puisse être maintenue dans le genre *Monocercomonas*, qui a quatre flagelles et sans doute manque de véritable axostyle. Nous la rangerons provisoirement dans le genre *Hexamastix* (Alexeieff) dont on ne connaît pas, il est vrai, l'appareil parabasal.

Trichomonas Dogieli n. sp. — Corps ovoïde de 12 à 16$^{\mu}$, prolongé par une pointe axostylaire.

Blépharoplaste antéro-latéral d'où partent trois flagelles antérieurs égaux et une membrane ondulante qui se prolonge en flagelle libre au delà de la pointe axostylaire et qui est soutenue par une côte bien développée. Axostyle rectiligne ou peu courbé. Appareil parabasal en calotte pouvant coiffer le noyau ou le flanquer latéralement. Dans la zone antérieure, entre le noyau et le blépharoplaste, existent une ligne de gros grains sidérophiles et une plage de petits grains également colorables. Nous les appellerons *grains frontaux*. Cette espèce est peu commune et insuffisamment définie, mais il est à remarquer que parmi les *Trichomonas* décrits dans les Termites, elle est la seule à posséder trois flagelles antérieurs (*Tritrichomonas* Kofoid et Swezy), si l'on excepte le *Trichomitus termitidis* K. et S.

Janickiella Grassii n. g., n. sp. — Flagellé ovoïde ou allongé avec l'extrémité postérieure effilée en pointe. Longueur du corps 10$^{\mu}$ à 12$^{\mu}$; avec la pointe axostylaire jusqu'à 20$^{\mu}$. Noyau ovalaire, dorsal, flanqué d'un appareil parabasal plus ou moins piriforme et parfois dédoublé (prédivision?).

Vers le quart antérieur de la face ventrale, comme chez *Foaina*, un enfoncement (cytostome?) au fond duquel se trouve un gros blépharoplaste, d'où part un flagelle d'environ 50$^{\mu}$ de long, puissant, épais sauf dans sa région terminale graduellement amincie. Nettement distinct du gros blépharoplaste et uni à lui par une desmose, un autre grain sidérophile, moins volumineux, donne naissance à trois fins flagelles antérieurs égaux (20$^{\mu}$). De ce petit blépharoplaste partent encore deux arcs de grains frontaux accompagnés fréquemment d'une ou deux lignes de grains secon-

daires. Axostyle très long, entouré à sa base d'une spire de granulations mitochondriales.

Cette espèce paraît constante dans nos *Calotermes*. On la trouve soit isolée, soit en rosaces d'agglomération; les individus sont alors plus renflés et unis entre eux par leurs points axostylaires et leurs flagelles traînants.

Janickiella Grassii est certainement le Flagellé indéterminé vu d'abord par Grassi chez *Calotermes flavicollis* et auquel Janicki (¹) attribue, avec doute, quatre flagelles antérieurs. Nous sommes d'accord avec lui sur l'importance phylétique de cette espèce, encore voisine des *Trichomastix*, et souche probable des *Devescovina* et *Foaina*.

Trimitus sp.? — Petit Flagellé fusiforme de $4^{\mu},5$ environ, avec extrémité postérieure pointue, comme s'il y avait un axostyle. A la base du rostre, un blépharoplaste d'où partent tantôt deux (*Trimitus*), tantôt trois (*Tricercomonas*) flagelles antérieurs, relativement courts (8^{μ}) et un flagelle traînant, adhérent au corps dans sa partie proximale, beaucoup plus long que les autres (22^{μ}). Noyau allongé, très antérieur; appareil parabasal bacilliforme, relié directement au blépharoplaste et faisant ainsi un angle aigu avec le noyau. Cytoplasme rempli de grains chromophiles.

Ce flagellé ressemble avant tout au *Trimitus motellæ* Alex., chez lequel toutefois Alexeieff n'a pas vu d'appareil parabasal. Nous ne voulons pas créer d'espèce pour cette petite forme assez spéciale et insuffisamment étudiée. En la rapportant au genre *Trimitus*, nous rappelons qu'Alexeieff admettait que le Flagellé de la Motelle pouvait n'être qu'un jeune stade d'*Hexamitus intestinalis*. Il ne peut être question ici d'un Diplozoaire, mais nous avons tendance à croire que ces *Trimitus* représentent des stades de *Janickiella* et ne faut-il pas se demander, comme le fait Janicki pour son *Oxymonas*, s'ils n'ont rien à faire avec les *Microrhopalodina?*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la vaccination contre le paludisme des oiseaux, obtenue par l'inoculation d'un petit nombre de sporozoïtes vivants.* Note de MM. **Étienne** et **Edmond Sergent** et **A. Catanei**, présentée par M. Roux.

Nous recherchons, depuis 1910, le moyen de conférer aux oiseaux une immunité-tolérance contre le paludisme aviaire, par l'inoculation d'un virus

(¹) Janicki, *Zeitsch. f. wiss. Zool.*, t. 112, 1915, p. 639.

atténué, susceptible de donner d'emblée aux sujets une infection latente bénigne. En essayant différents modes de vaccination, nous avons déjà obtenu l'immunité-tolérance par l'inoculation de sporozoïtes sous la peau de l'oiseau : 7 sujets sur 24 sont « acclimatés » du premier coup [1]. De nouvelles recherches poursuivies sur 63 canaris viennent d'aboutir à des résultats encore plus satisfaisants.

Nous avons commencé par établir la dose infectante de sporozoïtes pour un canari. Nous avons pris pour unité la quantité de sporozoïtes contenus dans le corps d'un Culex contaminé normalement. Si l'on inocule, sous la peau d'un oiseau, des Culex contaminés, broyés, la dose qui s'est montrée suffisante et nécessaire, dans 12 cas sur 13, pour donner une infection grave, est de 3 corps de Culex. Si l'on diminue cette dose, le nombre d'infections graves obtenues diminue progressivement.

Quand on arrive à une dose comprise entre $\frac{3}{4}$ et $\frac{2}{3}$ de corps de Culex broyés, l'infection aviaire obtenue n'est intense que dans un cinquième des cas (5 canaris sur 25); *elle est très faible et suivie d'immunité dans la moitié des cas* (13 *canaris sur* 25) [2]; dans 7 cas l'inoculation n'est suivie ni d'infection ni d'immunité. Au-dessous de cette dose, avec $\frac{1}{3}$ de corps de Culex par exemple, l'inoculation n'est suivie, le plus souvent (11 fois sur 16), ni d'infection ni d'immunité.

Le *Plasmodium* prélevé au stade ultime de la sporogonie (sporozoïtes dans les glandes salivaires et dans le reste de l'organisme des Culex) peut donc être transformé en vaccin. Les doses optima sont de $\frac{3}{4}$ ou $\frac{2}{3}$ de corps de Culex.

D'autre part nous avons déjà vu que le *Plasmodium* au stade schizogonique, dans le sang d'oiseaux contaminés, traité par des techniques analogues, ne s'est comporté comme un vaccin que 4 fois sur 14.

En conclusion, dans la maladie étudiée, due à un virus-protozoaire subissant une double évolution, chez un vertébré et chez un invertébré, l'obten-

---

(1) Et. et Edm. Sergent. *Sur l'immunité dans le paludisme des oiseaux. Conservation* in vitro *des sporozoïtes de* Plasmodium relictum. *Immunité relative obtenue par inoculation de ces sporozoïtes* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 407). — *Étude expérimentale du paludisme* (*Arch. Inst. Pasteur Afr. du Nord*), t. 1 fasc. 1, 1921, p. 30 et 32).

(2) Les canaris achetés à Alger depuis 20 ans sont sensibles dans l'immense majorité des cas : sur 1092 oiseaux, 1078 on montré, après l'inoculation, une infection intense.

tion d'un vaccin a été plus facile avec le virus prélevé dans l'organisme de l'invertébré qu'avec le virus puisé dans le sang du vertébré.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 juillet 1923.)

Note de M. *de Séguier*, Sur les groupes linéaires à invariant bilinéaire ou quadratique dans le champ réel et complexe :

Page 238, ligne 12, *au lieu de* $\varphi = Zi$, *lire* $2i\varphi = Zi$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1923 (*suite et fin*).

Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris et du Bureau central de Magnétisme terrestre, par Ch. Maurain. Paris, Presses universitaires de France, 1923. Tome I; 30cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

On corrosion of ferrons metals, by Sir Robert Abbott Hadfield. London, Institution of civil Engineers, 1923; 1 fasc. 22cm. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Advances in the metallurgy of Iron and Steel, and their influence upon modern Engineering, by Sir Robert Abbott Hadfield. Cambridge University, 1923; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

The work and position of the metallurgical Chemist also references to Sheffield and its place in metallurgy, by Sir Robert Abbott Hadfield. Sheffield, University, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Classified table of papers, by Sir Robert A. Hadfield, from 1888, to 1922. Bath, Pitman Press., s. d.; 1 fasc. 16cm. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

The John Fritz Medal. New-York, Bartlett Orr Press., s. d.; 1 vol. 24cm.

An address of Thanks, by Sir Robert A. Hadfield. Kingsway, the Botolph., s. d.; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Rapport sur les expériences de levés de plans aux grandes échelles avec emploi de la photographie aérienne, exécutées en 1921 et 1922 sur le territoire de Vignemont (Oise), par H. Roussilhe. Paris, Imprimerie nationale, 1923; 1 vol. 30cm. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Un théorème de Géométrie et ses applications, par Georges Cuny. Paris, Vuibert, 1923; 1 vol. 25cm.

Calendários Solar e lunar Perpétuos, Horas e alturas das mares regulares e datas das festas nioveis conforme as novas tàboas, de Antonio Cabreira. Coimbra, Universitade, 1918; 1 vol. 25cm.

Densificación infinitesimal, harmonización sensorial. Filosofia y digresiones matemáticas, par Janne Mulhall. Buenos-Ayres, Coni, 1923; 1 vol. 26cm.

Les spectres et la structure de l'atome, par Niels Bohr. Paris, J. Hermann, 1923; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. G. Urbain.)

Notice sur les travaux scientifiques, par Michel Petrovitch. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 vol. 24cm.

The Pears of New-York, by U. P. Hedrick. Albany, J. B. Lyon Company, 1921; 1 vol. 30cm.

La conservation par le froid des denrées périssables, par A. Monvoisin. Paris, Dunod, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Lindet.)

Quand la lumière fut..., par LOUIS MAILLARD. Paris, Presses universitaires de France, s. d. Tome second : les *Cosmogonies modernes;* 1 vol. 25cm.

Glaciology, by C. S. WRIGHT and K. E. PRIESTLY. London, Harrison and Sons, 1922; 1 vol. 30cm.

The reptiles of Western North America, by JOHN VAN DENBURGH. Tome I : *Lizards*. Tome II : *Snakes and Turtles*. San Francisco, California Academy of Sciences, 1922; 2 vol. 28cm.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1923.

Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Syrie (*avril-juin* 1908). Tome quatrième et dernier : *Poissons*, par JACQUES PELLEGRIN; *Batraciens et Reptiles*, par G.-A. BOULENGER; *Mammifères*, par E.-L. TROUESSART et MAX KOLLMANN. Paris, B. Baillière et fils, 1923; 1 vol. 26cm.

Explorations in the eastern kara-koram and the upper Yarkandvalley. Narrative report of the survey of India detachment with the DE FILIPPI *scientific expedition* 1914. Published by order of the government of India. Dehra Dun; printed at the office of the trigonometrical survey, 1922; 1 vol. 33cm.

Le cerveau et la pensée, par HENRI PIÉRON. Paris, Félix Alcan, 1923; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. Henneguy.)

Études de Lépidoptérologie comparée, par CHARLES OBERTHÜR. Fascicule XX. Rennes, imprimerie Oberthür, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. L.-L. Bouvier.)

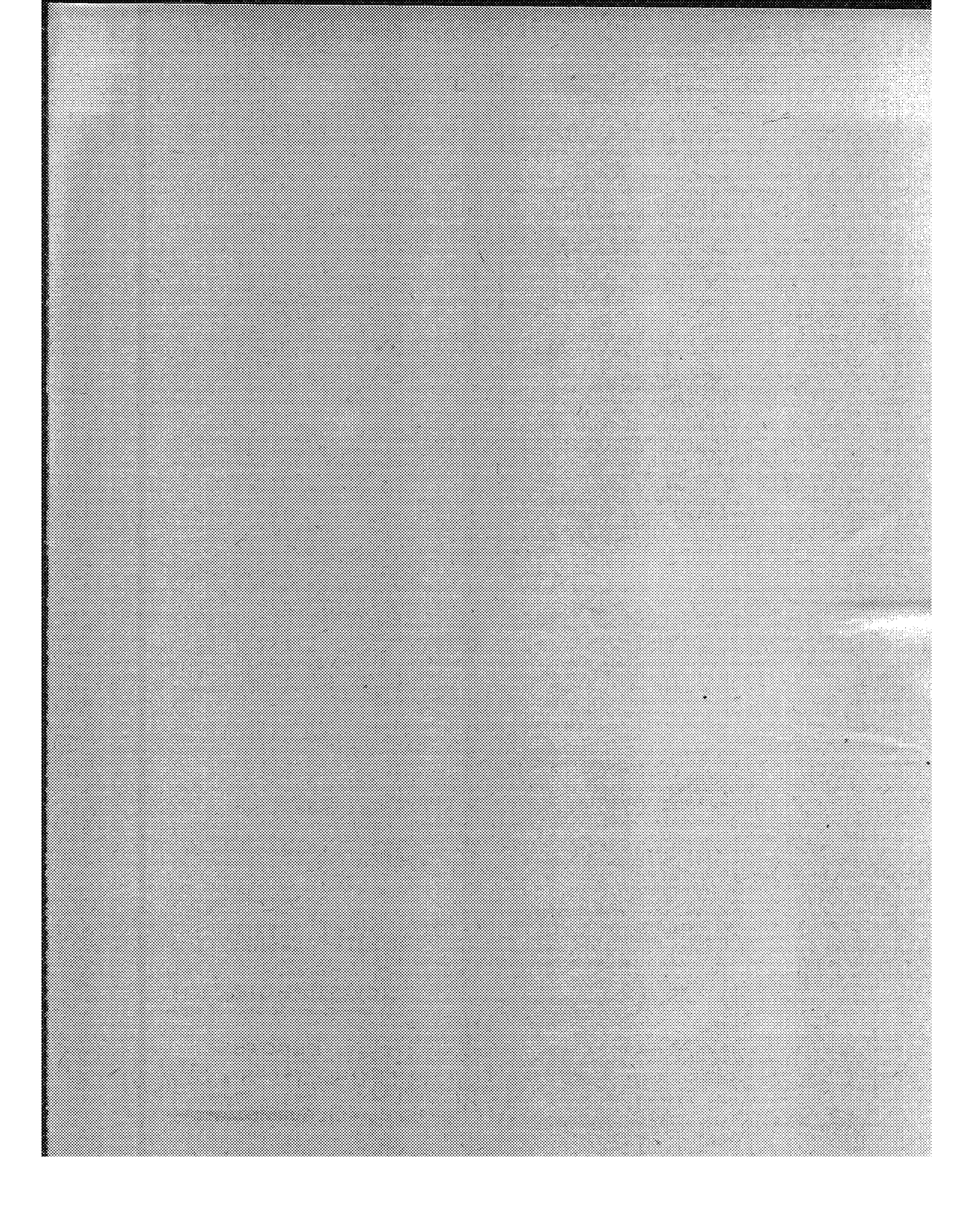
Les Isotopes, par A. DAMIENS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Urbain.)

Mission d'Ollone, 1906-1909. *Langues des peuples non chinois de la Chine*, par D'OLLONE, DE FLEURELLE, LEPAGE, DE BOYVE. Paris, Ernest Leroux, 1912; 1 vol. 28cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Exposé général du principe de relativité et des théories dEinstein, par E. BARRÉ. Paris, Étienne Chiron, s. d.; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Production et condensation de la vapeur, par E. SAUVAGE. Encyclopédie de mécanique appliquée; directeur : L. Lecornu. Paris, J.-B. Baillière, 1923; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. L. Lecornu.)

(*A suivre.*)



N° 5.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 30 Juillet 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

MM. Gabriel Bertrand et B. Benzon. — Sur une sorte de mutation physiologique observée chez la souris 297

MM. V. Grignard et M. Dubien. — Sur l'action condensante des alcoolates magnésiens mixtes RO MgX 299

PLIS CACHETÉS.

Mme veuve Gueritot demande l'ouverture de sept plis cachetés, déposés par son mari en 1915, 1916, 1918, 1920 et 1921. Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent différents documents 302

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 303

M. Jean Chazy. — Sur le champ de gravitation de deux masses fixes dans la théorie de la relativité 303

M. Th. Varopoulos. — Sur le nombre des valeurs exceptionnelles des fonctions multiformes 306

MM. Ch. Maurain, A. Toussaint et R. Pris. — Mesure de la résistance de l'air sur le matériel des chemins de fer 308

MM. Albert Portevin et François Le Chatelier. — Sur l'obtention, par traitement thermique, d'alliages légers d'aluminium à haute résistance ne contenant pas de magnésium 311

MM. André Job et Guy Emschwiller. — Sur la réduction photochimique du sulfure de zinc 313

MM. Wertenstein et Jedrzejewski. — Sur l'évaporation du carbone 316

M. P. Lebeau. — Sur un procédé de fractionnement thermique des gaz de la carbonisation des combustibles solides 319

M. René Reich. — Nouveaux composés organométalliques : le cuivre phényle et l'argent phényle 322

M. L. Bert. — Le bromodiphénylméthane et la réaction de Grignard 324

MM. Pastureau et H. Bernard. — Sur un nouveau mode de passage de l'oxyde de mésityle à la tétraméthylglycérine 327

M. Alphonse Mailhe. — Préparation de pétrole à partir d'huiles végétales et animales 329

MM. R. Fosse, Ph. Hagène et R. Dubois. — Composés xanthylés dérivés des acides aminés 331

MM. Albert Michel-Lévy et Henri Termier. — Sur les roches dénommées Trapps, dans la région de Raon-l'Étape (Vosges) 334

M. Étienne Patte. — L'île des Cendres, volcan indochinois récemment apparu 335

MM. F. Ehrmann et J. Savornin. — Complément à l'échelle stratigraphique de la Kabylie des Babors (Algérie) 338

M. G. Pontier. — Les Éléphants fossiles d'Angleterre : Mutations de l'*Elephas antiquus* Falconer dans le Pliocène supérieur et le Quaternaire anglais 341

MM. H. Colin et H. Belval. — Les hydrocarbones solubles du grain de blé au cours du développement 343

MM. A. Policard et G. Mangenot. — Sur l'état de l'huile dans la cellule de réserve des graines oléagineuses. La graine en germination 346

M. E. Grynfeltt. — Sur la constitution anatomique et la signification du pavillon de la trompe utérine chez la femme 349

M. Jules Amar. — Sur les phénomènes intimes de la respiration 350

MM. R. Faillie et J.-P. Langlois. — Des dépenses d'énergie de l'organisme dans la marche en descente, sur plan incliné 353

M. R. Herpin. — Un essaimage en plein jour d'une Annélide polychète : *Pionosyllis lamelligera* 355

MM. Émile-F. Terroine et H. Barthélemy. — La composition des organismes au cours de l'ovogenèse, chez la grenouille rousse (*Rana fusca*) 358

M. Ch. Dejean. — Origine du corps vitré et de la zonule 360

MM. O. Duboscq et P. Grassé. — Sur les petits Flagellés de *Calotermes flavicollis* (Fab.) 362

MM. Étienne et Edmond Sergent et A. Catanei. — De la vaccination contre le paludisme des oiseaux, obtenue par l'inoculation d'un petit nombre de sporozoïtes vivants 364

Errata 366

Bulletin bibliographique 367

70753 — 8-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 6 (6 Août 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AOUT 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Comparaison de la composition chimique de deux laves d'Islande, caractérisant des éruptions dont le mode de dynamisme est différent.* Note de M. **A. Lacroix**.

Dans une Note [1] consacrée à la dernière éruption du volcan de la Katla, dans l'Islande méridionale, j'ai fait remarquer combien intéressante serait la comparaison de la composition chimique de la lave rejetée par ce paroxysme exclusivement explosif et de celle de la grande éruption de 1783 dont les longues fissures (Eldgja et Laki) sont voisines du glacier de Mýrdalsjökull, siège de l'éruption de 1918.

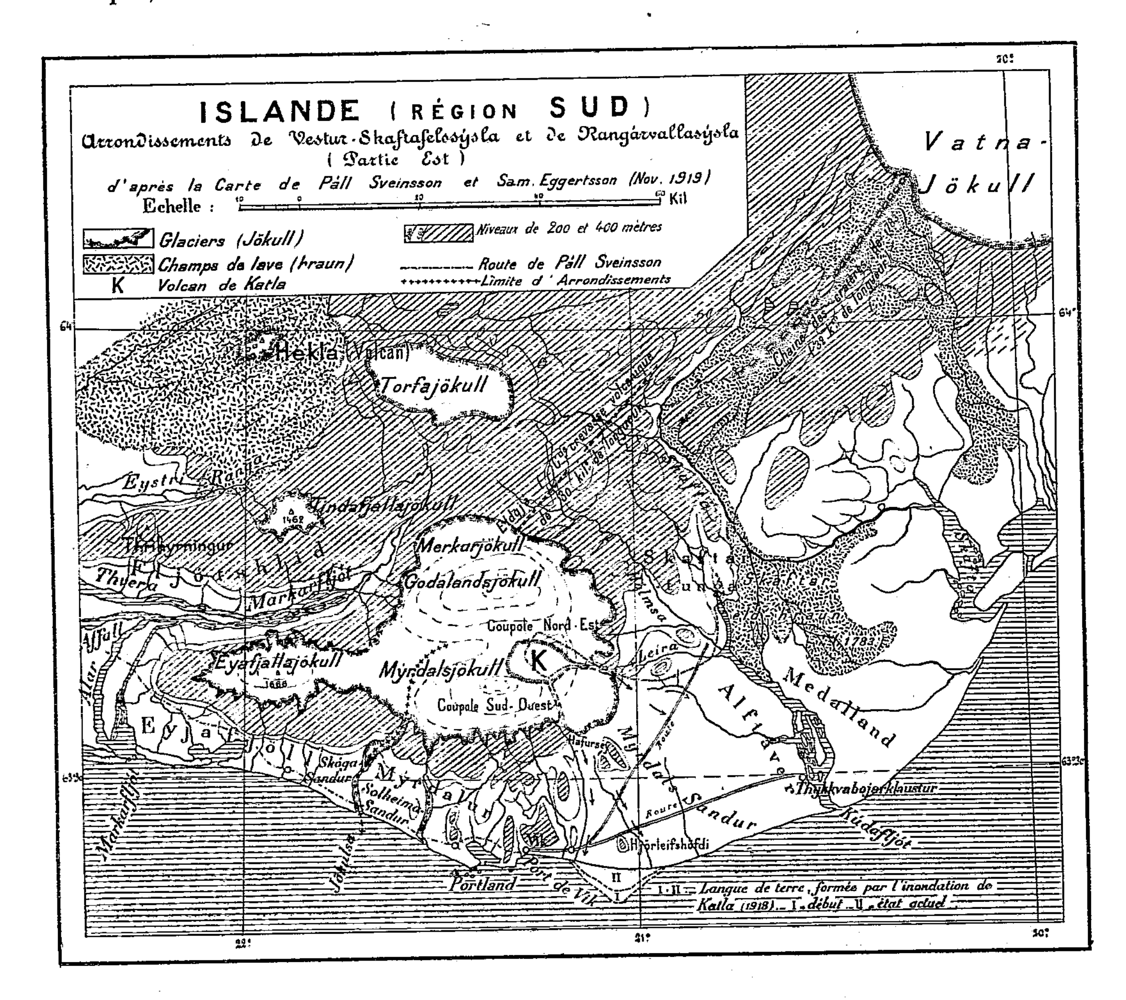
Les explosions vulcaniennes de cette dernière éruption ont rejeté du magma neuf, sous forme de fragments anguleux d'un verre noir, à peu près complètement dépourvu de minéraux cristallisés; l'éruption de 1783, au contraire, a consisté dans l'épanchement tranquille d'une masse énorme de lave basaltique pauvre en olivine, accompagné de minimes phénomènes explosifs, de caractère sans doute strombolien.

Ces différences de dynamisme, aussi grandes que possible, ont-elles été déterminées par des différences de composition chimique du magma fondu qui les a alimentées? L'étude d'échantillons récoltés à Skaptareldhraun, dans les champs de lave de 1783, permet de répondre à cette question.

---

[1] A. Lacroix, *L'éruption de la Katla* (*Islande*) *en* 1918 (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 861).

Dans le Tableau donné plus loin, se trouvent, en a et en b, les analyses de la lave des deux éruptions. Elles montrent, avec une différence qui sera indiquée plus loin, la même caractéristique que présentent les laves de l'Islande et d'une façon plus générale toutes celles de la grande région arctique, c'est-à-dire une haute teneur en fer et en titane.



Dans une discussion récente, M. H. S. Washington a montré (¹) que cette propriété est partagée non seulement par les basaltes arctiques, mais par ceux de l'Orégon, du Deccan, et il y voit une caractéristique des érup-

(¹) H. S. Washington, *Deccan Traps and other Plateau Basalts* (*Bull. geol. Soc. of America*, t. 33, 1922, p. 765).

tions fissurales dont le dynamisme serait une conséquence de la grande fluidité du magma, dépendant elle-même de la haute teneur en fer.

Sans nier l'importance de cette relation, il me semble que la considération des différences des phénomènes des éruptions de 1783 et de 1918 et de la similitude des laves qu'elles ont produites apporte une confirmation à la thèse que, depuis de longues années ([1]), j'ai cherché à préciser, à savoir que la condition primordiale qui régit le mode de dynamisme d'une éruption est non seulement la composition du magma, mais surtout les conditions physiques qui régissent sa venue au jour. Un même volcan dont le magma ne présente pas de variations de composition chimique, dans la série des temps, tout en *pouvant* ([2]) être prédisposé par cette composition à une modalité dynamique déterminée plutôt qu'à une autre, peut présenter les types d'éruption les plus extrêmes.

En 1783, l'éruption a été caractérisée par la sortie rapide à l'air libre, le long de fentes de plus de 30^{km}, d'une quantité formidable de lave fondue (la plus grande peut-être qui, depuis la période historique, ait été produite par un volcan) qui, grâce à une situation topographique convenable, a pu s'étaler sans être arrêtée par un brusque refroidissement. En 1918, au contraire, la lave de la Katla n'est pas sortie à l'air libre, elle est venu se heurter à l'énorme calotte de glace du Mýrdalsjökull, sous laquelle se trouve son orifice d'arrivée, de telle sorte qu'elle s'est refroidie rapidement, mettant ainsi obstacle à la libération tranquille de ses gaz magmatiques, subissant en outre l'action de l'eau superficielle due à la fusion de la glace. Les conditions sont donc devenues celles si fréquentes dans la venue au jour de magmas moins fusibles. La permanence de ces conditions, à travers les siècles, explique pourquoi les 14 éruptions signalées à la Katla depuis l'année 894 ont toutes présenté le même caractère; ce volcan *basaltique* a toujours été exclusivement *explosif*.

Ces conditions, dues à l'action d'un glacier, ne sont pas les seules qui peuvent agir pour déterminer une éruption explosive dans un volcan à lave très fusible; on peut en imaginer d'autres, telle par exemple la venue au jour très lente d'une quantité modérée de magma pouvant se refroidir notablement dans la cheminée du volcan avant son émission; c'est ce qui a dû se passer au Piton de la Fournaise, à la Réunion, en 1860, connu pour la fluidité avec laquelle ses laves sont généralement émises sans phénomènes explosifs

([1]) *La Montagne Pelée après son éruption*, 1908, p. 75.

([2]) L'exemple de la Katla montre qu'il ne s'agit pas d'une prédisposition nécessaire.

importants, de telle sorte que, malgré l'activité presque continue de ce volcan, j'ai pu, en 1911, constater sur son sommet l'existence, à la surface du sol, de blocs des explosions vulcaniennes datant de 1860, blocs qui semblaient avoir été rejetés la veille.

Quelques mots sont nécessaires maintenant au sujet d'une particularité chimique de la lave de 1783. Les quelques analyses qui ont été publiées des basaltes islandais montrent, à côté des analogies relevées plus haut, une dissemblance. Dans les uns, en effet, la silice est entièrement saturée (analyse *d*), alors que d'autres présentent une petite quantité de silice libre virtuelle, mais celle-ci dépasse rarement 5 pour 100. Dans la lave de 1783, cet excès atteint 10 pour 100, et comme il n'existe que 38 pour 100 de feldspaths virtuels, il en résulte qu'au point de vue chimico-minéralogique cette lave rentre en réalité dans le groupe des *dacites* dont elle représente une forme mésocrate, à facies basaltique; son équivalent de profondeur serait un gabbro *quartzique;* ceci est en contradiction avec l'idée généralement admise, et qui est inexacte, d'après quoi les roches basaltiques seraient nécessairement des roches basiques, par confusion de la notion de basicité avec celle de richesse en minéraux colorés. J'ai étudié récemment, avec quelques détails, ce type lithologique que j'ai proposé de désigner sous le nom de *sakalavite*, à cause de sa fréquence dans les régions occidentales de Madagascar (¹).

En terminant, je donnerai la description d'une autre lave islandaise qui, elle, est un véritable basalte, et qui, bien que se trouvant dans toutes les collections lithologiques et présentant des particularités intéressantes, ne me paraît pas avoir été complètement décrite.

Il s'agit du basalte doléritique, à grain assez gros, d'Hafnejörd. Il possède une structure mi-ophitique, mi-intersertale; de nombreuses cavités miarolitiques sont tapissées par de petits cristaux nets d'un plagioclase que Forchammer a considéré jadis comme un minéral spécial qu'il a appelé hafnefjördite, mais que vom Rath a montré n'être qu'un labrador. Le calcul de l'analyse (du basalte) donnée plus loin indique pour la composition de son

---

(¹) *Minéralogie de Madagascar*, t. 3, p. 15 et 39. J'ai exposé dans cet Ouvrage pourquoi je n'attribue pas d'importance primordiale au péridot dans la spécification du basalte parce que ce minéral n'est pas symptomatique et se forme aussi bien dans les magmas à silice libre que dans ceux à silice saturée : le criterium réside dans la teneur en minéraux colorés quels qu'ils soient.

feldspath moyen 44 pour 100 d'anorthite, mais cette valeur est plus élevée pour les grands cristaux de plagioclase, parce que dans leurs intervalles se trouve souvent un autre feldspath, non maclé, qui, en raison de la petite quantité de potasse décelée par l'analyse, ne peut être de l'orthose pure, mais est vraisemblablement un oligoclase potassique; son intérêt réside en ce qu'il est associé en microperthite avec du *quartz;* c'est donc là, dans une roche d'épanchement récente, une particularité comparable à celle qui se voit fréquemment dans les roches diabasiques filoniennes ou intrusives. Cette silice libre n'apparaît pas dans le calcul de l'analyse; sa production a été rendue possible par l'abondante cristallisation de l'olivine qui a laissé dans le résidu intersertal une certaine quantité de silice libre : parfois, celle-ci s'est traduite aussi sous une autre forme, sous celle de lames de tridymite, d'origine vraisemblablement pneumatolytique, qui accompagnent des cristaux drusiques, très nets, de fayalite.

Le basalte de Hafnefjörd se distingue des autres basaltes islandais par sa teneur en silice un peu plus faible, sa pauvreté en alumine et surtout sa grande richesse en magnésie; c'est un type presque mélanocrate, en dépit de sa couleur d'un gris clair, due à la grosseur de son grain.

Analyses (*a*, *b*, *c*, M. Raoult; *c* et *d*, M. Washington). — *a*. Cendre vitreuse, éruption de la Katla (1918). III.5.3(4).4.

b. Lave de 1783. III.4.(3)4.4.

c. Basalte près Naefurholt (lave récente de l'Hékla). II(III).(4)5.'3.4.

d. Basalte post-glaciaire, Allamannagja près Thingvellir. III.5.4.'5.

e. Basalte doléritique, Hafnefjörd. (III)IV.5.3.5.

	a.	*b*.	*c*.	*d*.	*e*.
SiO^2	47,68	49,56	53,39	47,67	45,10
Al^2O^3	12,54	10,36	13,37	15,81	9,58
Fe^2O^3	3,44	7,04	2,07	1,70	5,37
FeO	12,34	8,19	10,62	10,41	10,59
MgO	5,25	6,04	3,30	8,08	14,24
CaO	9,58	11,66	6,90	12,23	10,18
Na^2O	2,43	1,86	3,84	1,98	2,31
K^2O	0,88	0,63	1,19	0,27	0,19
TiO^2	5,01	4,16	2,28	2,17	2,17
P^2O^5	0,23	0,06	1,24	0,10	0,17
H^2O (+)	0,44	0,29	1,37	0,21	0,49
» (—)	0,15	0,25	0,08	0,10	»
	99,97	100,10	99,85 (1)	100,89	100,39 (2)

(1) MnO 0,20.

(2) MnO 0,16.

BIBLIOGRAPHIE. — *Projet d'une nouvelle bibliographie des Sociétés savantes de la France*. Note [1] de M. G. **Bigourdan**.

La production intellectuelle de la France se trouve en grande partie dans les publications de ses Sociétés savantes. Aussi chaque travailleur doit recourir fréquemment à ces publications, dont le nombre est considérable, et au milieu desquelles on ne se reconnaît qu'avec quelque difficulté. Tout ce qui peut aider à s'orienter dans cette masse de documents est donc de nature à rendre des services.

Le premier fil conducteur doit être, semble-t-il, la liste aussi complète que possible, de ces Sociétés, avec l'indication des publications de chacune d'elles. Aussi depuis longtemps a-t-on dressé et publié de telles listes [2], qui cependant ont été trouvées insuffisantes. Dans la suite on a donné, classés par matières, les titres et parfois même des sommaires des travaux contenus dans les publications considérées. Ainsi pour l'Histoire, l'Archéologie et la Philologie de la France, le Comité des Travaux historiques a publié quelque temps un Répertoire annuel [3], donnant les titres des travaux et une analyse sommaire de chacun d'eux; mais il n'a pu être continué sous cette forme étendue.

En 1888, il commença de paraître un grand ouvrage dû à R. de Lasteyrie aidé de divers collaborateurs [4], donnant uniquement les titres des travaux.

---

[1] Séance du 30 juillet 1923.

[2] I. — U. Robert, *Bibliographie des Sociétés savantes de la France* (*Revue des Sociétés savantes*, 6e série, t. 6, 1878).

II. — Une autre se trouve dans X. Charmes, *Le Comité des Travaux historiques et scientifiques*, t. 2, p. 478-586. Elle s'arrête à 1886. L'année suivante il en parut une nouvelle :

III. — E. Lefèvre-Portalis, *Bibliographie des Sociétés savantes de la France*. Paris, 1887, in-4°.

[3] IV. — *Répertoire des Travaux historiques de la France*, in-8°. Il mentionnait non seulement les travaux des Sociétés savantes, mais encore bien des journaux périodiques et aussi les livres et opuscules parus séparément. Mais après trois années (1882-1884) il cessa de paraître.

[4] V. — *Bibliographie générale des Travaux historiques et archéologiques*, publiés par les *Sociétés savantes de la France*. Il en a paru quatre volumes, publiés de 1888 à 1904, suivis de deux volumes de *suppléments*, de manière à aller jusqu'à

Pour les années 1901 et suivantes, jusqu'à 1910 inclus, il a été continué par des Bibliographies annuelles [1].

Ce vaste répertoire laisse de côté un grand nombre de branches de nos connaissances. Pour les sciences, cette lacune est en partie comblée par un ouvrage commencé par Deniker [2]; et plus récemment une publication consacrée à l'Art et à l'Archéologie [3] est venue compléter sous certains rapports le grand recueil de R. de Lasteyrie.

De même, une publication internationale, l'*Index Catalogue of Scientific Literature*, complète en partie, pour la France, l'ouvrage commencé par Deniker [4].

Mais, malgré cela, une bonne partie du champ d'action des Sociétés savantes se trouve négligée par ces diverses publications. Dans la suite les listes bibliographiques, telles que celles indiquées d'abord (I-III) n'ont pas été remplacées [4] et conservent leur utilité. Or la plus récente [5], je crois, remonte à 1887, et d'ailleurs pourrait recevoir des additions notables pour la période même qu'elle embrasse. C'est ce précieux instrument de travail

---

1900. Ces deux derniers volumes ont été publiés de 1911 à 1918. Dans cet immense répertoire, qui renferme 132235 articles ou numéros, les Sociétés savantes sont classées par départements, ce qui facilite les recherches; il comprend aussi les travaux publiés en Algérie, dans les colonies et dans les pays de protectorat.

(1) VI. — *Bibliographie annuelle des travaux historiques et archéologiques publiés par les Sociétés savantes de la France :* 1901-1902, Paris, 1904, in-4°. — 1902-1903, Paris, 1905,...; 1909-1910, Paris, 1914.

(2) VII. — J. Deniker, *Bibliographie des travaux scientifiques* (Sciences mathématiques, physiques et naturelles) *publiés par les Sociétés savantes de la France*, Paris, in-4°. Tome I, publié en 3 livraisons parues respectivement en 1895, 1897 et 1916, et comprenant les départements *Ain-Orne* inclus. Cet ouvrage est continué par M. R. Descharmes qui a publié la première livraison du Tome II, Paris, 1922 (départements *Pas-de-Calais-Sarthe*).

(3) VIII. — *Répertoire d'Art et d'Archéologie*, Paris, in-4°, première année 1910.... Il en a paru 25 fascicules, dont le dernier est relatif à 1921.

(4) Cet *Index* a suspendu sa publication, mais pour la France il est continué par une publication mensuelle, la *Bibliographie scientifique française*.

(5) Il existe un grand nombre de listes sommaires, utiles mais insuffisantes, parmi lesquelles je citerai seulement celles de divers annuaires (*Annuaire* des Sociétés savantes, ... 1846; — *Annuaire* de H. d'Héricourt, 1866; — *Annuaire* de H. Delaunay, 1903; — *Les ressources du travail intellectuel en France*, de E. Tassy et P. Léris, 1921; — Le Bottin des Sciences, ... 1922). Certaines *Listes des membres... du Comité des Travaux historiques et scientifiques* indiquent aussi, plus ou moins complètement, les Sociétés savantes de France.

qu'il y aurait lieu de reprendre en sous-œuvre, et de continuer jusqu'à ce jour. Sous cette forme condensée, un tel travail pourrait être fait rapidement et son étendue modeste en permettrait l'impression malgré les difficultés financières de l'heure présente.

On conserverait la classification par départements, qui est commode pour les recherches. On y joindrait un court historique de chaque Société, sans négliger celles qui ont disparu, et l'indication des *Tables générales*. Sans accroître sensiblement l'étendue on pourrait indiquer celles de ces publications qui existent dans la *Bibliothèque des Sociétés savantes*.

Le cadre par départements se prêterait à l'addition d'indications complémentaires, comme celle des *Annuaires*, où il existe parfois d'intéressantes Notices historiques.

ÉLECTRICITÉ. — *Méthode rationnelle pour les essais et la spécification des lampes triodes destinées à fonctionner en clapet.* Note (¹) de M. **André Blondel.**

Les considérations exposées dans une précédente Note (²) conduisent à une méthode nouvelle pour la spécification et les essais de réception des lampes triodes destinées aux postes générateurs, en vue de leur fonctionnement en clapet, dont ne tiennent pas compte les méthodes d'essai usuelles.

Dans celles-ci, on se préoccupe de mesurer le courant « de saturation » sous différents voltages, et les variations du courant de plaque sous ces mêmes voltages, quand on fait varier la tension de grille. Ces deux renseignements, intéressants pour le régime oscillatoire continu, à puissance maxima dans le circuit extérieur, sont sans intérêt pour le fonctionnement discontinu de la lampe en clapet, destiné à assurer le rendement maximum aux dépens de la puissance. Une seule notion reste commune aux deux méthodes, celle de la puissance maxima que peut supporter la lampe, en cas de mauvais réglage ou d'accroissement excessif de la tension appliquée à la plaque. Les essais les plus rationnels me paraissent être les suivants. On distinguera d'abord les essais à faire en usine et au Laboratoire de celui qui utilise la lampe.

I. Essais a faire a l'usine de construction des lampes. — On ne peut imposer au constructeur d'installer une antenne, d'ailleurs variable, sui-

(¹) Séance du 23 juillet 1923.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 87.

vant les cas d'emploi. Et même une antenne fictive ne peut être installée au petit bonheur; elle devrait être soignée, souvent étudiée pour chaque cas comme on le verra plus loin.

1° *Puissance interne maxima dissipable dans la lampe.* — On déterminera la puissance maxima que peut *dissiper* la lampe par rayonnement, en l'alimentant directement en courant continu sous un voltage peu différent du voltage moyen d'utilisation, et en augmentant le potentiel de la grille progressivement à l'aide d'un potentiomètre ou d'une dynamo à excitation variable jusqu'à ce que l'on obtienne l'échauffement limite. Ce dernier est caractérisé par le fait que, pour des échauffements plus forts, le fonctionnement de la lampe devient instable par suite de dégagement de gaz par les électrodes.

2° *Potentiels de grille d'amorçage.* — Étant donné que la caractéristique d'oscillation ne peut commencer qu'à partir du moment où s'ouvre le clapet, c'est-à-dire quand la lampe devient conductrice, on déterminera, pour une série de tensions d'alimentation portées en abscisses, les tensions de grille correspondantes, nécessaires et suffisantes pour empêcher le passage du courant.

3° *Tensions limites de grille.* — Les oscillations étant limitées par l'augmentation du courant de grille, on déterminera d'autres caractéristiques indiquant les courants de grille obtenus en fonction du voltage de grille sous un certain nombre de voltages de plaque définis; les coudes de ces caractéristiques indiqueront les tensions de grille à ne pas dépasser. Elles peuvent résulter aussi simplement de l'essai suivant.

4° *Caractéristiques d'oscillation à résistance négative constante.* — On a vu dans une précédente Note que la lampe a les propriétés d'un arc chantant. On sait que l'arc chantant se comporte dans un circuit comme une résistance négative; il en est de même de la lampe valve lorsque l'on fait varier le potentiel de grille proportionnellement (avec un signe inverse) au potentiel de plaque, mais on est maître de modifier la résistance négative en modifiant le couplage (ou le degré de réaction) de la grille. On conçoit donc que le procédé le meilleur pour définir une lampe, c'est d'étudier son fonctionnement comme résistance négative. A cet effet on déterminera l'amplitude maxima que peut prendre le courant de plaque dans une caractéristique rectiligne tombante partant de l'axe origine de l'épure d'oscillation, en un certain voltage choisi comme point de commencement de la conductibilité de la lampe. Pour l'obtenir, on mettra en série, dans un circuit comprenant la lampe et une batterie fixe, une résistance fixe convenablement

choisie; puis on fera croître progressivement le courant plaque depuis zéro, ce qui a pour effet d'abaisser le voltage aux bornes de la lampe progressivement. Cette variation de courant sera obtenue, pour chaque valeur de la résistance extérieure fixe, en faisant varier le voltage de grille à l'aide d'une source auxiliaire de potentiel variable, soit d'un potentiomètre sur batterie, soit d'un courant alternatif réglable par variomètre. Le courant passant dans la lampe est réduit proportionnellement à la différence de potentiel aux bornes de la résistance extérieure R, et la tension absorbée par la lampe suit la loi :

$$u = U - R\,i,$$

comme si la lampe avait une résistance interne négative R, arbitrairement choisie. Les mesures de u et de i peuvent être faites à l'aide d'appareils de mesure caloriques ou d'oscillographes à basse fréquence.

On obtient ainsi une caractéristique d'oscillation rectiligne partant de l'axe $i = 0$. On est averti de l'amplitude maxima à laquelle il faut l'arrêter par l'accroissement excessif qu'il faut donner à l'amplitude de l'oscillation de la tension de grille pour augmenter l'amplitude de i à partir de cette valeur. On peut de cette manière, pour un même point d'amorçage des caractéristiques tombantes, étudier plusieurs fonctionnements correspondant à différentes résistances négatives de la lampe, et, par suite, respectivement à des puissances différentes $\int R\,i^2\,dt$ disponible dans le circuit extérieur. On peut évaluer approximativement les puissances totale et utile et le rendement par la méthode d'approximation indiquée précédemment.

Ce quatrième essai fait donc connaître, pour chaque valeur de la résistance négative électrique de la lampe, le courant maximum et la puissance qu'elle peut laisser passer pendant chaque période de l'oscillation, ainsi que le rendement correspondant pour le circuit plaque.

5° *Mesure des pertes.* — Pour connaître le rendement vrai, il faut tenir compte des puissances dépensées dans les circuits de grille et de chauffage, puissances qu'on mesure facilement par les méthodes usuelles.

6° Enfin il est intéressant et facile de mesurer certaines *constantes de la lampe.*

Si l'on se reporte à l'équation connue des régimes variables applicable dans la région de fonctionnement où les caractéristiques sont sensiblement rectilignes,

$$\rho i = u + kv \tag{1}$$

(en appelant u la variation de la tension de plaque U, v celle de la tension

de grille V, i la variation du courant de plaque), ρ représente la *résistance interne* et k le *coefficient d'amplification*. Pour mesurer ces deux constantes, appliquons à la grille une force électromotrice alternative (de basse fréquence pour plus de facilité) d'amplitude v, et comprise dans les limites fixées par l'essai n° 3; soient i l'amplitude du courant alternatif de plaque, mesurée quand la puissance est fournie par une batterie fixe de tension $= U$, sans aucune résistance extérieure en série, i' l'amplitude du même courant mesurée après introduction d'une résistance R en série avec la plaque.

L'équation (1) appliquée aux deux régimes successifs observés donne les deux relations

$$\rho i = kv, \qquad \rho i' = kv - R i'.$$

D'où l'on déduit immédiatement

$$\rho = R\frac{i'-i}{i}, \qquad k = \frac{R}{v}(i'-i).$$

La connaissance des propriétés de la lampe est utilement complétée par la mesure des trois *capacités* entre filament, grille et plaque. En pratique, la plus importante dans les lampes destinées à fonctionner en clapet (et qui ont une grande surface de grille) est la capacité entre grille et plaque. La mesure de la capacité se fait facilement au moyen du courant fourni par une hétérodyne, en employant la méthode de substitution ou la méthode d'opposition d'Armagnat.

Il reste à vérifier les résultats par des essais directs de fonctionnement de la lampe sur circuit oscillant. Ce travail est un travail de laboratoire qui paraît devoir incomber plutôt à l'ingénieur constructeur ou exploitant de poste générateur d'ondes qu'au constructeur de lampes. Il n'existe pas, en effet, pour une lampe donnée, un seul mode d'emploi et un seul type de poste, mais une infinité. C'est à l'ingénieur de télégraphie sans fils d'étudier le parti qu'il peut tirer d'une lampe définie chez le constructeur par les essais précédents, qui ont l'avantage de ne pouvoir prêter à aucune ambiguïté ni donner lieu à aucune discussion.

II. Essais a faire au laboratoire de télégraphie sans fil. — Les meilleurs essais sont ceux que l'ingénieur fera sur le poste d'utilisation lui-même. Mais on peut y suppléer, en laboratoire, en mettant la lampe sur un circuit bouchon ayant des constantes à peu près *semblables* à celles d'une antenne munie d'une self.

7° *Essais sur antenne fictive*. — On a déjà l'habitude de ces essais. Il faut avoir seulement soin de choisir, d'après les résultats obtenus sur des postes

existants, les valeurs de l'inductance, de la capacité, et de la résistance équivalente d'antenne (qui tient compte du rayonnement de l'énergie). Pour que la caractéristique de la lampe reste sensiblement rectiligne, on doit attaquer par le clapet ce circuit oscillant en un point de la bobine d'inductance tel que le courant fourni par la lampe reste en phase sensiblement avec la force électromotrice disponible aux bornes.

Dans ce but, on aura soin qu'une partie de l'inductance se trouve en série dans la branche résistance-capacité; car, une branche de capacité ne contenant que la résistance ohmique donne lieu à des variations rapides de courant et des harmoniques au moment où la lampe devient conductrice, tandis que l'antenne présente les caractéristiques d'une ligne haute tension et ne permet pas cet établissement brusque de régime.

Pour étudier les cas d'antennes présentant des résistances de radiation différentes, et ayant par suite des conditions d'amortissement différentes, on prendra, par exemple, deux ou trois valeurs différentes de la résistance fixe.

Un point nouveau de la méthode c'est qu'on excitera la grille par une hétérodyne, dont le circuit oscillant réglé à la même fréquence que le circuit d'essai, sera intercalé en série avec une batterie de force électromotrice réglable; on pourra de cette façon régler à volonté la valeur moyenne du potentiel de grille, soit en faisant varier le couplage de l'hétérodyne, soit en utilisant l'impédance du circuit de plaque comme un potentiomètre à prises variables. L'hétérodyne évite tout risque de désamorçage dans l'emploi de la lampe comme clapet, même avec des impulsions plus courtes que la durée d'une alternance adoptée comme norme dans les essais n° 5.

On peut d'ailleurs remplacer l'hétérodyne, comme je l'ai dit précédemment, par une lampe-relai, entretenue par réaction du circuit oscillant de la lampe de travail étudiée. On déterminera de cette manière la puissance maxima et le rendement maximum respectifs que peut donner la lampe accouplée au circuit oscillant représentant l'antenne fictive. En donnant successivement plusieurs valeurs différentes à la résistance mise en série avec la capacité, on déterminera les conditions variées de fonctionnement de la lampe et l'amélioration du rendement qui peut être obtenue au prix d'une réduction de puissance.

Ces essais permettent de chiffrer les constantes d'une lampe-valve fonctionnant suivant la méthode du clapet, comme on chiffre les constantes d'une batterie d'accumulateurs. Pour celle-ci, la capacité et le rendement varient suivant la durée de décharge; c'est pourquoi les constructeurs

indiquent plusieurs chiffres de capacité, en mettant en regard le nombre d'heures de décharge. On peut définir de même les lampes-valves en donnant plusieurs chiffres de puissance et de rendement applicables à l'ouverture du clapet pendant une alternance entière, savoir :

a. Le régime de puissance maxima (limitée par l'énergie maxima que peut dissiper la plaque) ;

b. Deux ou trois régimes de puissance obtenus sous le voltage normal de source, à résistance négative constante pendant une alternance, avec diverses valeurs de cette résistance ; et les rendements correspondants.

Ces différents régimes correspondant, comme on l'a vu plus haut, à des valeurs différentes de l'énergie à fournir à l'antenne pendant une période.

8° *Essais oscillographiques.* — Enfin, il sera très intéressant, toutes les fois qu'on en aura le temps, et très utile pour bien connaître en ses détails le fonctionnement d'une lampe, d'étudier à l'oscillographe les caractéristiques réelles d'oscillation correspondant aux différents régimes dont il est parlé ci-dessus ; mais cela exige un outillage de laboratoire plus important (surtout si l'on veut faire le vide).

L'oscillographe peut être employé soit pour l'enregistrement d'ondes périodiques à la manière ordinaire, soit pour le tracé direct en coordonnées rectangulaires, des caractéristiques d'oscillation. L'oscilloradiographe de Braun ou celui de Dufour se prêtent, comme on le sait, à cette dernière étude, l'un par vision directe, l'autre par enregistrement photographique dans le vide. L'oscillographe bifilaire double à deux miroirs (disposés de manière à renvoyer les rayons de l'un sur l'autre) que j'ai décrit en 1909 [1] permet également de relever directement ces caractéristiques à basse fréquence (20 à 50 périodes par seconde).

Le régime d'un circuit oscillant d'antenne est caractérisé par la résistance totale R, comprenant la résistance de radiation, et par le degré d'amortissement total α $\left(\text{suivant la définition de Curie } \alpha = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\right)$ qui joue un rôle important dans le fonctionnement de la lampe en clapet. Quand on emploie un oscillographe, fût-ce même un oscilloradiographe (qui exige pour ses bobines une assez forte self-induction), les constantes du circuit se

---

(1) Sur les ordres du général Ferrié, on a exécuté il y a quelques années un appareil de ce même type, d'après mes plans, pour le tracé des caractéristiques statiques.

trouvent modifiées; cet emploi reste cependant légitime si l'on a soin de maintenir le même degré d'amortissement dans le circuit oscillant [1].

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination préventive contre la conjonctivite aiguë à bacille de Weeks. Son importance dans la lutte antitrachomateuse.* Note de MM. **Charles Nicolle, E. Conseil** et **A. Cuénod**.

Depuis les travaux classiques de Morax, l'étude de la conjonctivite aiguë à bacille de Weeks a été plutôt délaissée. Il ne semble pas, en particulier, que la vaccination préventive de l'homme vis-à-vis de cette infection ait tenté les expérimentateurs.

Cette indifférence peut être attribuée à deux raisons, la bénignité ordinaire de la maladie et la difficulté de conservation dans les laboratoires de son agent pathogène qui n'est virulent pour aucune espèce que la nôtre et dont les cultures très maigres ne vivent guère plus de vingt-quatre heures sur les milieux de culture électifs (agar ou bouillon au sang).

Il y a lieu, à notre avis, de reviser l'opinion courante de la bénignité de la conjonctivite aiguë. Sans doute, elle est ordinairement bénigne, surtout chez l'enfant et, même chez l'adulte où de petits ulcères de la cornée se forment parfois, cette complication est rare. Mais cette bénignité relative est facteur des conditions où la maladie s'observe en Europe. Elle cesse dans les pays où sévit le trachome. Tantôt la conjonctivite aiguë y fait le lit de celui-ci (sans que jamais il y ait, comme on l'a soutenu, transformation d'une infection en une autre), tantôt, et bien plus souvent, elle aggrave

---

[1] On peut même réaliser la même valeur pour les intensités des courants tout en modifiant, dans un rapport quelconque, la vitesse des oscillations, si l'on augmente à la fois et proportionnellement entre elles l'inductance et la capacité du circuit oscillant. Cela résulte directement de l'examen des équations différentielles du problème; en effet, dans celles-ci, la grandeur L n'entre jamais que dans des différentielles de la forme $\frac{d(\mathrm{L}i)}{dt}$ et la capacité que dans des intégrales de la forme $\int \frac{i\,dt}{\mathrm{C}}$; i n'est donc pas modifié (mais seulement t) quand L et C varient de façon que $\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}$ et $\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{C}}$ restent les mêmes (T étant la période), et que R ne soit pas modifié. En général il suffit de réaliser le même degré d'amortissement sans se préoccuper de la fréquence; et cela permet de modifier R.

un trachome existant et contribue à créer des complications oculaires redoutables.

Notre ignorance d'un traitement spécifique du trachome est complète. Nous avons pensé que réduire ses complications infectieuses serait agir utilement dans la lutte antitrachomateuse, si difficile et si nécessaire. C'est pourquoi nous avons cherché s'il était possible de vacciner contre les infections qui se surajoutent au trachome. Nos premières recherches montrent qu'on peut protéger aisément l'homme vis-à-vis du bacille de Weeks.

Nous avons d'abord résolu la question de la conservation de ce microbe fragile sur des milieux particuliers. En gélose molle (gélose nutritive à 2,5 pour 1000 d'agar, additionnée de 1 pour 100 d'amidon ou de fécule de pommes de terre) à laquelle on ajoute un quart de sang défibriné (lapin ou homme), les cultures restent vivantes 4 semaines au moins à l'étuve à 35°.

Le vaccin employé est constitué par des cultures en surface sur agar au sang défibriné de lapin de 24 heures, émulsionnées dans l'eau phéniquée à 5 pour 1000 et portées 6 heures à 50°, ce qui les stérilise.

Nos essais ont été pratiqués par voie sous-cutanée ou sous-conjonctivale.

Vaccination sous-cutanée. — Les sujets A et B ont reçu chacun sous la peau : le premier jour 250 millions de microbes, le quatrième 250, le neuvième 500, soit au total 1 milliard. Étant donnée la petitesse du bacille de Weeks, la masse microbienne inoculée ne représente pas plus en poids que 250 millions de bacilles typhiques. Aucune réaction locale ou générale.

Éprouvés 14 jours après la dernière inoculation par instillation entre les paupières d'un des yeux de quelques gouttes d'une culture récente de bacilles de Weeks, A et B sont demeurés indemnes.

Vaccination sous-conjonctivale. — Les sujets C et D ont reçu chacun au total et le même jour 125 millions de microbes morts du même vaccin. Le sujet C a été inoculé aux quatre paupières, le sujet D à celles de l'œil gauche seulement. Il est à noter que les inoculations sous-conjonctivales sont à peu près irréalisables aux paupières supérieures en raison de l'importance du tarse.

Quatorze jours plus tard, même épreuve que A et B, mais l'instillation virulente est pratiquée aux deux yeux. Le sujet C est demeuré indemme (examen microscopique, culture négatifs). Le sujet D a montré, après une inoculation de deux jours, une conjonctivite bénigne caractérisée par de la rougeur et la présence de filaments surtout à l'œil droit non vacciné; au microscope, on observe des polynucléaires et des bacilles de Weeks. Cette conjonctivite a guéri sans traitement en huit jours.

Témoin. — Le témoin, soumis à la même épreuve virulente, a contracté une conjonctivite aiguë double typique (polynucléaires nombreux, abondance de bacilles de Weeks) et qui a guéri par le traitement ([1]).

Il est donc facile de vacciner préventivement l'homme par voie sous-cutanée contre la conjonctivite aiguë. On y parviendrait sans doute de même par voie sous-conjonctivale en employant des doses égales de vaccin, mais cette voie est d'un emploi plus délicat.

La vaccination préventive de la conjonctivite aiguë doit être considérée comme une arme utile de la lutte antitrachomateuse.

M. **Maurice Hamy** annonce à l'Académie la publication du Mémoire de M. **W. W. Campbell**, Correspondant de l'Académie, relatif à l'observation de l'éclipse totale de Soleil du mois de septembre dernier ([2]). La discussion des documents obtenus par l'auteur établit d'une façon indiscutable la réalité de la déviation des rayons lumineux par l'attraction solaire, conformément aux prévisions d'Einstein.

PLIS CACHETÉS.

Mme **Sophie Ostrovsky** demande l'ouverture d'un pli cacheté déposé par son père, feu **E. Ostrovsky**, dans la séance du 17 mai 1910 et inscrit sous le n° 5809.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Recherches sur le virus tuberculeux.* (*Note préliminaire.*)

(Renvoi à l'examen de M. E. Roux.)

([1]) La culture avait été isolée 4 mois auparavant, ce qui montre la persistance de la virulence du bacille de Weeks entretenu dans les laboratoires.

([2]) *Lick Observatory Bulletin*, n° 346.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Premier Congrès international des Sociétés astronomiques*. (Paris, 21-24 juin 1914). *Rapport général*, par L. Montangerand. (Présenté par M. B. Baillaud.)

2° *Notions d'hydrologie appliquée à l'hygiène*, par A. Guillerd. (Présenté par M. d'Arsonval.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *La courbure linéaire oblique et la courbure géodésique totale.* Note de M. **Nilos Sakellariou**, présentée par M. Appell.

Dans un Mémoire *Sur le gyroscope* présenté à l'American Mathematical Society (23 avril, 1921), M. W.-F. Osgood introduit la notion *of the bending* d'une courbe sphérique. *The bending* est définie comme déviation de la courbe par rapport au plan déterminé par la tangente de la courbe en un de ses points M et de la normale à la surface en M, sur laquelle est située la courbe. Dans le Mémoire *Total geodesic curvature and geodesic torsion* présenté à la même Société (29 octobre, 1921) et inséré dans le *Bulletin of the american mathematical Society* (vol. 29, 2, 1923, p. 51), M. J.-K. Whittemore donne l'expression suivante pour *the bending* de M. Osgood :

$$\sqrt{\frac{1}{\rho_g^2} + \frac{1}{\tau_g^2}}, \tag{1}$$

où ρ_g, τ_g représentent respectivement les rayons de courbure géodésique et de torsion géodésique de la courbe, et désigne cette expression (1) comme *courbure géodésique totale*.

Dans une Note *La courbure linéaire oblique et la courbure aréale oblique*, insérée dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* (t. 170, 1920, p. 446), j'ai donné deux formules générales pour la courbure linéaire oblique d'une surface le long d'une de ses lignes, et pour la courbure aréale oblique d'une surface en un de ses points M. La première de ces formules

est la suivante :

$$(2)\quad \sum\left(\frac{dh_i}{ds}\right)^2=\sum\left(\frac{da}{ds}\right)^2+(a^2+b^2)k_g^2+(a^2+c^2)k_n^2+(b^2+c^2)t_g^2$$
$$+2\left(a\frac{db}{ds}-b\frac{da}{ds}\right)k_g+2\left(a\frac{dc}{ds}-c\frac{da}{ds}\right)k_n+2\left(c\frac{db}{ds}-b\frac{dc}{ds}\right)t_g$$
$$-2abk_nt_g+2bck_gk_n+2ack_gt_g,$$

où $h_i(i=1, 2, 3)$ sont les cosinus absolus d'une droite (g) arbitraire dans l'espace, qui passe par le point $M(x, y, z)$ de la surface (S), $h_i+\Delta h_i$ les cosinus de (g) correspondant au point M′ de la ligne MM′ sur (S); (a, b, c) représentent les cosinus des angles de (g) et des axes du trièdre, qui se détermine par la tangente à MM′ au point M, par la normale à cette ligne tangente à la surface et par la normale de (S) au point M; k_g, k_n sont les projections de la courbure de la ligne MM′ sur la normale et sur le plan tangent de (S), et t_g la torsion géodésique au point M de MM′.

Cette formule est donnée plus tard par M. N. Hatzidakis sous une forme plus élégante et par une démonstration plus commode au moyen de la méthode cinématique [1].

La formule générale (2) contient un nombre d'autres formules comme cas particuliers, par exemple la courbure normale, tangentielle, totale, la torsion géodésique de la courbe considérée, ainsi que la formule (1) de M. Whittemore de la courbure géodésique totale.

En état, en supposant dans (2) que $a=0$, $b=1$, $c=0$, c'est-à-dire que la droite (g) coïncide avec la normale tangentielle de MM′ en M, on a la formule suivante :

$$\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2=k_g^2+t_g^2,$$

d'où l'on voit que :

Le carré $\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2$, *où* $d\omega$ *mesure la déviation de la surface par rapport au plan qui est normal à la normale tangentielle de* MM′, *est égal à la somme des carrés de la courbure tangentielle et de la torsion géodésique de* MM′ *en* M.

C'est ce que M. Whittemore désigne comme le carré de la *courbure géodésique totale*.

En supposant que la courbe de (S) que nous considérons est une ligne de courbure de (S), on a

$$k_n^2=k_1^2,\ k_2^2,\qquad t_g=0$$

---

[1] Voir *Bulletin de la Société math. de Grèce*, 2e série, t. 3, 1922, p. 33-36.

et par suite

$$\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 = k_g^2;$$

c'est le cas considéré par M. W. F. Osgood (1). Si la courbe de (S) que nous considérons est une ligne géodésique de (S), nous posons dans la formule (2)

$$(3) \qquad k_n = k\cos\varphi, \qquad k_g = -k\sin\varphi, \qquad k''^2 = k^2 + k'^2, \qquad t_g = k' - \frac{d\varphi}{ds},$$

où k, k', k'' représentent respectivement la courbure, la torsion et la courbure totale de la ligne de (S) et φ l'angle de la normale principale de MM' avec la normale de (S) en le même point. Après cela en posant $\varphi = 0$ et $a = 0$, $b = 1$, $c = 0$, on a

$$\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 = k'^2 = t_g^2,$$

à cause de (3).

D'une manière analogue à celle qui précède on trouve la formule qui donne $\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2$, si la courbe de (S), que nous considérons, est une ligne asymptotique ($k_n = 0$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques applications techniques des équations intégrales.* Note (2) de M. **F.-H. van den Dungen**, transmise par M. Émile Borel.

1. *Calcul des vitesses critiques par les approximations successives.* — Nous avons indiqué, dans une Note précédente (3), comment la recherche des vitesses critiques d'un rotor se réduit à l'étude des nombres fondamentaux d'une équation intégrale; nous avons également démontré la formule de Dunkerley qui permet de calculer le plus petit de ces nombres. Nous allons examiner ici comment on peut utiliser la méthode des approximations successives de M. Picard.

Donnons-nous, *a priori*, une fonction $y_0(s)$ et calculons les forces F et f,

(1) Voir N. Sakellariou, *Contribution à la théorie des surfaces* (*Bulletin de la Société mathématique de Grèce*, I, 2, 1919, p. 133).

(2) Séance du 30 juillet 1922.

(3) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 243.

ainsi que les couples C et c, au moyen des formules

$$(1)\quad \begin{cases} f_s = \frac{p_s}{g} y_{0s}, & F_h = \frac{P_h}{g} y_{0h} \\ \text{et} & \\ c_s = \frac{p_s}{g} \frac{r^2}{4} y'_{0s}, & C_h = \frac{I_{1h} - I_h}{g} y'_{0h}; \end{cases}$$

on se reportera aux explications qui suivent la formule (3) de notre première Note, pour les notations utilisées.

Sous l'effet des forces F, f et des couples C, c, la pièce étudiée fléchit et présente une flèche $y_1(s)$ que l'on peut calculer au moyen de l'équation (2) de notre première Note, ou par les procédés graphiques de la résistance des matériaux.

En introduisant la flèche $y_1(s)$ et sa dérivée dans les formules (1), on calculera de nouvelles forces et de nouveaux couples qui détermineront à leur tour une nouvelle flèche $y_2(s)$. On calculera ainsi, par itération, une suite de flèches

$$y_0, \quad y_1, \quad y_2, \quad \ldots, \quad y_i.$$

D'après la remarque que nous avons faite sur le calcul des pôles d'une fonction méromorphe ([1]), on aura, en désignant par ω_1, ω_2, ω_3, ... les vitesses critiques rangées par ordre de module croissant ([2]),

$$\omega_1^2 = \lim \frac{y_{i-1}}{y_i}, \qquad \omega_1^2 \omega_2^2 = \lim \frac{y_{i-1}^2 - y_{i-2} y_i}{y_i^2 - y_{i-1} y_{i+3}}, \qquad \ldots.$$

On peut calculer ainsi autant de vitesses critiques que l'on désire, avec l'approximation voulue. En 3 ou 4 heures, il est possible de trouver par des opérations graphiques, les trois premières vitesses critiques d'un rotor déjà compliqué.

2. *Formule de M. Baumann.* — Lorsqu'il suffit de connaître assez grossièrement la valeur de la première vitesse critique, on se contentera de la formule

$$\omega_1^2 = \frac{y_0}{y_1};$$

c'est le principe de la méthode employée depuis longtemps en technique; on en voit ici la base et la démonstration; si l'on suppose que la flèche

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1864.

([2]) On comparera les valeurs des y_i pour une même abscisse s, par exemple le milieu du rotor.

donnée *a priori* vaut l'unité, on voit que y_1 vaut $\varphi : g$, φ désignant la flèche du rotor sous l'effet de son propre poids; la formule précédente devient alors

$$\omega_1^2 = \frac{g}{\varphi},$$

expression qui, à un facteur correctif constant près (1,07), est identique à la relation expérimentale due à M. Baumann [1].

3. *Formule de M. Morley*. — Si l'on applique la méthode de M. Schwartz à la suite $y_0, y_1, \ldots, y_i$, avant de calculer les pôles ω^2, en sommant de o à l les flèches et leur inclinaison, multipliées par $P\varphi, p\varphi, (I_1 - I)\varphi'$ et $p\frac{r^2}{4}\varphi'$, respectivement, on obtient la formule de M. Morley [2] :

$$\omega_1^2 = g \frac{\Sigma P\varphi + \int_0^l p\varphi\, ds}{\Sigma P\varphi^2 + \int_0^l p\varphi^2\, ds + \Sigma(I_1 - I)\varphi'^2 + \int_0^l p\frac{r^2}{4}\varphi'^2\, ds}.$$

Cette formule, souvent utilisée, peut donc être rattachée à la théorie générale des vitesses critiques, basée sur l'emploi de l'équation de M. Fredholm.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème de M. Picard*. Note de M. **Rolf Nevanlinna**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f(x)$ une fonction analytique de la variable complexe $x = re^{i\varphi}$, méromorphe pour $|x| \leqq \rho$ et présentant dans ce domaine les zéros $a_1, a_2, \ldots, a_m$ et les pôles $b_1, b_2, \ldots, b_n$. On aura, pour $|x| < \rho$ [3],

$$(1) \quad \log f(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log|f(\rho e^{i\vartheta})| \frac{\rho e^{i\vartheta} + x}{\rho e^{i\vartheta} - x}\, d\vartheta - \sum_1^m \log\frac{\rho^2 - \bar{a}_\nu x}{\rho(x - a_\nu)} + \sum_1^n \log\frac{\rho^2 - \bar{b}_\nu x}{\rho(x - b_\nu)} + iC,$$

---

[1] *Inst. electr. Ingineers Journ.*, t. 48, 1912, p. 768.

[2] *Engineering*, 1909, *passim*.

[3] Cf. le Mémoire de F. et R. Nevanlinna : *Ueber die Eigenschaften analytischer Funktionen in der Umgebung einer singulären Stelle oder Linie* (*Acta Soc. scient. Fennicæ*, t. 50, n° 5, 1922, p. 7).

$\overline{a}_\nu$ et $\overline{b}_\nu$ étant les conjugués des nombres a_ν et b_ν et C une constante réelle.

Cette formule nous a conduit à une démonstration simple et élémentaire du théorème de M. Picard et nous a permis, en même temps, de généraliser et de préciser certains résultats de MM. Borel et Valiron qui se rapportent à des questions analogues. Nous rappellerons ici brièvement quelques-uns des résultats auxquels nous sommes arrivé.

Désignons par $n(r, z)$ le nombre des zéros de la fonction $f(x) - z$ compris dans le cercle $|x| < r$, par $r_\nu(z)$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$ leurs modules et par $m(r)$ l'expression

$$m(r) \equiv \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} |f(re^{i\varphi})| \, d\varphi,$$

où $\overset{+}{\log}|f|$ signifie $\log|f|$ ou zéro suivant que $|f| \geqq 1$ ou $|f| < 1$. Cela étant, si $f(x)$ est une fonction entière, et si a et b sont deux nombres finis quelconques différents entre eux et k et r_0 des nombres positifs donnés, on aura pour toute valeur $\rho > r_0$ l'inégalité

$$\int_{r_0}^{\rho} \frac{m(r)}{r^{k+1}} dr < C_1 \int_{r_0}^{\rho} \frac{n(r,a) + n(r,b)}{r^{k+1}} dr + C_2, \tag{2}$$

les quantités C_1 et C_2 ne dépendant pas de ρ.

A l'aide de cette inégalité on conclut facilement que, si la fonction entière $f(x)$ ne prend les valeurs a et b qu'en un nombre fini de points, elle se réduit nécessairement à un polynome, et l'on peut déduire aussi de (2) le théorème général de M. Picard.

Si l'on suppose seulement que la fonction $f(x)$ soit régulière dans le cercle $|x| < 1$, on aura pour $1 > \rho > r_0 > 0$ et $k > 0$ l'inégalité

$$\int_{r_0}^{\rho} m(r)(1-r)^{k-1} dr < C'_1 \int_{r_0}^{\rho} [n(r,a) + n(r,b)](1-r)^k dr + C_2, \tag{3}$$

C'_1 et C'_2 ne dépendant pas de ρ.

On en déduit certaines propriétés nouvelles des fonctions dont la croissance est d'ordre fini dans le cercle $|x| < 1$. Ainsi, en observant que l'intégrale

$$\int_{r_0}^{1} n(r, z)(1-r)^k dr \tag{4}$$

et la série

$$\sum_1^\infty [1 - r_\nu(z)]^{1+k} \tag{5}$$

convergent ou divergent en même temps, on arrive à ce résultat :

Si, pour une valeur donnée $k > 0$, la série (5) converge pour deux valeurs différentes de z, l'intégrale

$$\int_{r_0}^{1} m(r)(1-r)^{k-1}\,dr \tag{6}$$

sera également convergente.

D'autre part on aura, sous les mêmes conditions,

$$\lim_{r=1}(1-r)^k m(r) = 0, \qquad \lim_{r=1}(1-r)^{k+1}\log M(r) = 0,$$

$M(r)$ désignant le maximum de $|f(x)|$ pour $|x| = r$.

Nous avions supposé $k = 0$. Dans le cas où la série

$$\sum_{1}^{\infty}[1 - r_\nu(z)]$$

converge pour deux valeurs différentes de z, on peut établir l'inégalité plus précise

$$m(r) < C\log\frac{1}{1-r} \qquad (r > r_0),$$

où C ne dépend que de r.

Si l'intégrale (6) a une valeur finie, il en est évidemment de même de l'intégrale

$$\int_{r_0}^{1} \mu(r, z)(1-r)^{k-1}\,dr, \tag{7}$$

où

$$\mu(r, z) \equiv \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log|f(re^{i\varphi}) - z|\,d\varphi,$$

z ayant une valeur finie quelconque. Or on sait (*loc. cit.*, p. 34) que l'intégrale (7) et la série (5) sont en même temps convergentes ou divergentes, d'où ce théorème :

Si, pour une valeur donnée $k > 0$, la série (5) diverge pour une certaine valeur finie z, elle sera divergente pour toute valeur finie de z, en exceptant peut-être une seule valeur.

On peut montrer sur des exemples particuliers que ce théorème ne subsiste plus lorsque $k \lesseqgtr 0$. Ainsi, dans le cas de la fonction modulaire, la série (5), si l'on y fait $k = 0$, converge pour les *deux* valeurs $z = 0$ et $z = 1$, tandis qu'elle diverge pour toute autre valeur de z. D'autre part on

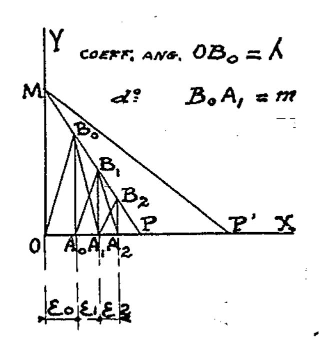
peut trouver des fonctions *bornées* pour lesquelles la série (5), où k a une valeur *négative*, diverge pour certaines valeurs z.

A l'aide d'une représentation conforme on peut déduire de ce qui précède différents résultats relatifs aux fonctions qui sont régulières dans un angle donné, résultats qui généralisent certaines propositions de MM. Borel et Valiron sur les fonctions entières d'ordre fini.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *La stabilité élastique et les matériaux modernes de construction.* Note (¹) de M. **R. de Fleury**, présentée par M. Mesnager.

Déformations critiques. — On peut définir sous le nom de « Déformations critiques » celles qui correspondent à des ruptures d'équilibre entre les efforts et les déformations élastiques (fouettements, flambements, voilements, qui peuvent, d'ailleurs, être globaux ou locaux). Un régime de déformations critiques correspond, mathématiquement parlant, à une *série de termes* de déformations élémentaires dont la somme tend vers l'infini, sous l'effet de couples parasites transversaux à des couples principaux finis et résultant de ces derniers. Il y a toujours couple parasite, car les plans des couples résistants et fléchissants ne coïncident jamais rigoureusement (à ε_0 près).

Cas général. — Un défaut de coïncidence, à ε_0 près, entre le plan des



couples résistants et des couples fléchissants donne naissance à un couple parasite de dévers de valeur $P\varepsilon_0$ que nous figurons en A_0, B_0, P étant la charge réduite en un point (voir la figure). On voit que la droite OB_0 a un

(¹) Séance du 30 juillet 1923.

coefficient angulaire λ tel que $\lambda = P$ et que ce coefficient ne dépend que de la charge et surcharge.

Mais le couple de dévers va, en deuxième effet, provoquer une déformation transversale qui constituera le deuxième terme d'une série, telle que $A_0A_1 = \varepsilon_1$ proportionnelle au couple A_0B_0 de telle sorte que la droite joignant B_0A_1 possède un coefficient angulaire m qui dépend uniquement de la flexibilité globale de la pièce, c'est-à-dire de sa forme propre et du module d'élasticité M de la matière.

A son tour l'accroissement d'excentrement ε_1 provoque un nouvel accroissement A_1B_1 qui constitue le troisième terme d'une série et ainsi de suite, ce qui définit graphiquement la flèche parasite totale A_0P. Les points B_0, B_1, B_2, ... sont alignés sur une droite MP dont l'équation est

$$(\lambda + m)X - Y - m\varepsilon_0 = 0.$$

Un accroissement de charge a pour effet de remplacer la droite MP par une droite MP′ plus inclinée, passant toujours par un point M indépendant de la charge. Comme ε_0 est très petit, on voit que la déformation globale MP est elle-même très petite, tant que la ligne MP est tant soit peu inclinée, c'est-à-dire qu'il n'y a déformation critique que lorsque son coefficient angulaire est nul, c'est-à-dire $\lambda = -m$, ou encore, ce qui revient au même, quand un terme de rang (n) dans la série est égal au terme de rang $(n-1)$.

Condition de stabilité au voilement (exemple). — On peut supposer soit un excentrement transversal ε_0, soit un angle ω_0, très petits.

Dans le premier cas, l'application d'une charge P sur une poutre de portée l donnera un couple transversal

$$c = P\varepsilon_0,$$

d'où

$$\lambda = P. \tag{0}$$

Ce couple provoquera un premier accroissement d'excentrement ε_1, représentant la projection sur plan horizontal de la somme algébrique des flèches suivant les sections respectives des moments d'inertie I_b et I_a en fonction de l'angle de torsion ω_1, provoqué par le couple $P\varepsilon_0$ et tel que

$$(1) \qquad \varepsilon_1 = \beta \frac{Pl^3}{M} \sin\omega_1 \cos\omega_1 \left[\frac{1}{I_b} - \frac{1}{I_a}\right] \quad \text{ou} \quad \varepsilon_1 = \beta \frac{Pl^3}{M} \omega_1 \left[\frac{1}{I_b} - \frac{1}{I_a}\right]$$

et tel que l'angle de torsion à la charge sous l'effet de couple porté à $P(\varepsilon_0 + \varepsilon_1)$ se trouve accru de ω_2 tel que

$$(2) \qquad \omega_2 = \alpha \frac{Pl\varepsilon_1}{M\sqrt{I_a^2 + I_b^2}} \quad \text{ou} \quad \omega_2 = \alpha\beta \frac{P^2 l^4}{M^2} \omega_1 \frac{\left[\frac{1}{I_b} - \frac{1}{I_a}\right]}{\sqrt{I_a^2 + I_b^2}},$$

accroissement qui provoquera un nouvel accroissement de flèche ε_2, prop. à ω_2, etc.

Bref, on voit que

$$m = -\frac{P\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \tag{3}$$

peut s'écrire

$$m = -\frac{P\omega_1}{\omega_2},$$

$$m = -\frac{1}{\alpha\beta}\frac{M^2}{Pl^4}\frac{\sqrt{I_a^2+I_b^2}}{\frac{1}{I_b}-\frac{1}{I_a}}. \tag{4}$$

La relation de stabilité devient

$$(0) \leqq -(4)$$

qui, en supposant I_b très petit par rapport à I_a, condition d'ailleurs nécessaire au voilement, peut s'écrire

$$P \leqq \frac{1}{\sqrt{\alpha\beta}}\frac{M\sqrt{I_b I_a}}{l^2},$$

dont on constatera l'extrême analogie de forme avec la formule d'Euler pour le flambement, auquel le mode de démonstration précédente s'applique, comme il s'applique également au cas de fouettement.

Conclusions. — Le *taux de sécurité vrai* d'un organe sous charge sera donc limité tantôt par celui adopté pour le taux de travail par rapport à la *limite élastique* de la matière mise en œuvre, tantôt par celui relatif à la stabilité élastique et qui dépend uniquement de son *module d'élasticité*. Il importe de remarquer que le deuxième facteur tend de plus en plus, et de façon d'autant plus dangereuse qu'elle est fortuite, à intervenir seul, de façon limitative, dans nombre de cas de pièces plus ou moins grêles, *du fait même des progrès de la métallurgie moderne et de la poursuite de constructions à charges mortes de plus en plus réduites.*

Cela est évident en ce qui concerne la mise en œuvre des métaux légers et ultra-légers, du fait que les progrès réalisés sur leurs résistances élèvent les taux de sécurité relativement à ce facteur, alors que les modules sont faibles. Cela devient également évident en ce qui concerne les aciers à haute résistance dont les qualités sont journellement accrues, alors que les modules restent immuables.

De même, on voit que les dimensionnements des constructions en acier, et celles des métaux légers doivent procéder, même à limites élastiques très voisines, d'esthétiques toutes différentes, en raison de l'énorme diffé-

rence des modules, un avantage énorme restant en fin de compte pour les constructions les plus légères, aux matériaux les plus légers, en raison des possibilités des sections offertes par la faible densité de ces derniers. Il est indispensable de procéder au moyen de règles de transpositions qui découlent, dans la majorité des cas, directement des formules relatives aux conditions de stabilité où n'intervient que le module comme caractéristique de la matière. Les échecs de la construction métallique en aviation n'ont pas eu d'autre cause que l'oubli de ce facteur. Enfin l'étude du module, en relation avec la densité des matériaux, du point de vue de la physique générale des corps, tend à présenter un intérêt pratique de premier plan.

PHYSIQUE DES RADIATIONS. — *De la superposition des forces électromotrices dans les piles à liquide fluorescent.* Note de M. A. **Grumbach**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Comme je l'ai signalé dans une Note antérieure [1], la force électromotrice produite par l'éclairement d'une solution colorée où plongent deux électrodes de platine, ne présente pas les caractères de l'effet Becquerel, si la concentration n'est pas très grande. Nous allons voir qu'il y a superposition de deux phénomènes distincts.

Si l'on fait converger la lumière sur une des électrodes, la région éclairée étant suffisamment étroite (2^{mm} à 3^{mm}), l'effet positif prédomine au début de l'expérience; la force électromotrice passe par un maximum et devient négative au bout d'un temps qui peut atteindre plusieurs heures en solution concentrée. On observe un phénomène négatif en éclairant de la même façon une région du liquide située, par exemple, à 15^{mm} de l'électrode. Cette deuxième force électromotrice, au contraire de la première, ne diminue pas rapidement en valeur absolue dans l'obscurité.

Il est facile d'opérer en lumière monochromatique en utilisant les images d'une lampe à mercure fournies par une lentille et un gros prisme à vision directe. On isole une image au moyen d'une fente pratiquée dans un écran placé devant l'appareil.

Les deux expériences suivantes ont porté sur une solution contenant $0^{g},005$ de fluorescéinate de sodium et $2^{g},42$ de soude pour 100^{g} d'eau (concentration moléculaire : $1,32.10^{-7}$ mol-g-cm^{3}) :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 88.

TABLEAU I.

Lumière concentrée sur l'électrode (raie 4360).

Temps.	Force électromotrice en millivolts.	Temps.	Force électromotrice en millivolts.
0^{m}	0	67^{m}	53,6
3.45^{s}	7,5	78.30^{s}	47,0
10.30	20,9	109.30	37,6
23.30	25,7	260	18,1
41.30	26,4	269	3,7
59.15	31,0	270	2,5

TABLEAU II.

Lumière concentrée sur le liquide seul à 15^{mm} *de l'électrode* (raie 4360).

Temps.	Force électromotrice en millivolts.	Temps.	Force électromotrice en millivolts.
0^{m}	0	$85^{m}.30^{s}$	— 3,0
2	— 6,9	95	— 2,0
8	—12,4	105.30	0
19.30^{s}	—17,3	108	10,6
26	—18,2	108.20	obscurité
29.30	—15,6	114.30	3,7
65	— 5,6	178	—15,0

La force électromotrice redevient négative dans l'obscurité au bout de la 134e minute. Il en est ainsi dans toutes les expériences de ce genre quand on arrête l'éclairage en un point situé sur la partie positive de la courbe. On est ainsi conduit à attribuer la cause du premier changement de signe à l'action sur l'électrode des radiations fluorescentes émises par la région illuminée.

Le phénomène inverse se produit lorsqu'on déplace l'appareil de manière à éclairer l'électrode. Par exemple, dans l'une de ces expériences, la force électromotrice qui atteignait $-6^{mv},3$ à ce moment, devient égale à $-1^{mv},6$ après $3^{m},30$ et à $+2^{mv},8$ après 9 minutes.

Le phénomène positif est très faible dans les solutions étendues comme le montrent les résultats suivants obtenus en éclairant une des électrodes.

TABLEAU III.

Solution contenant 0g,0005 *de fluorescéinate de sodium et* 2g,42 *de soude pour* 100g *d'eau* (concentration moléculaire : $1,32.10^{-8}$ mol-g-cm³).
(Même éclairage que I et II.)

Temps.	Force électromotrice en millivolts.	Temps	Force électromotrice en millivolts.
m		m s	
0	0	19.10	—10,7
0.30s	+ 1	21.40	—11,6
3	— 4,1	22	—12,5
5.30	— 7,5	25	—13,1
8.30	— 9,0	31	—14,1
17	—10,5		

TABLEAU IV.

Solution aqueuse saturée de vert malachite éclairée par les radiations de l'arc à mercure traversant le verre.

Temps.	Force électromotrice en millivolts.	Temps.	Force électromotrice en millivolts.
m		m	
0	0	11	13,8
2.30s	4,6	12	16,7
4	8,6	15.30s	18,5
6.45	11,1	23	19
9	13,1		

TABLEAU V.

Même solution étendue 10 fois (même éclairage que IV).

Temps.	Force électromotrice en millivolts.	Temps.	Force électromotrice en millivolts.
0m	0	5m40s	— 0,18
1	+0,18	32	—16,6
3	0		

En comparant les Tableaux I et III puis IV et V, nous voyons que la valeur du maximum varie dans le même sens que la concentration et qu'en même temps l'inversion se produit beaucoup plus rapidement. La solution du Tableau III donne, dès le début, un effet négatif en lumière divergente. En général, à partir d'une dilution suffisante, la seule trace du phénomène positif consiste en un point d'inflexion voisin de l'origine.

Les variations apparentes de conductibilité des solutions fluorescentes exposées à la lumière sont dues aux mêmes causes; il est clair que le sens du phénomène dépendra du dispositif expérimental adopté; l'effet sera différent suivant qu'une des électrodes sera éclairée ou laissée dans l'obscurité.

Il faut rapprocher des résultats précédents les expériences faites par Swensson [1] sur des solutions de sels minéraux exposées au rayonnement total d'une lampe à mercure en quartz. La théorie proposée par cet auteur ne s'applique pas aux solutions que j'ai étudiées, car les travaux de M. J. Perrin mettent en évidence le caractère irréversible de la formation du photoproduit qui apparaît dans tout le volume éclairé, si la solution est très diluée; on conçoit que la force électromotrice négative déterminée par l'équilibre d'adsorption subsiste, tandis que l'effet Becquerel disparaît.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluorescence et photochimie.* Note [2] de M. R. LEVAILLANT, présentée par M. J. Perrin.

I. Une théorie récente (Jean Perrin) voit dans la fluorescence le signe d'une transformation chimique. En recherchant quelles réactions peuvent subir les corps fluorescents éclairés, j'ai d'abord été conduit à étudier une série d'hydrogénations photochimiques.

L'uranine en solution étendue (concentration 10^{-4} par exemple) dans la glycérine se décolore à la lumière; la fluorescence verte fait place à une légère fluorescence bleue. J'avais abandonné à elles-mêmes des solutions ainsi décolorées quand j'observai que la fluorescence verte et la coloration reparaissaient lentement à partir de la surface; un chauffage à l'air rend d'ailleurs rapide cette régénération qui ne peut avoir lieu en tube scellé vide d'air. L'interprétation est immédiate. La lumière a changé l'uranine en uranine hydrogénée incolore qui se réoxyde peu à peu à l'air. Lazareff et Gebhard ont déjà (1912) décrit un fait analogue pour le bleu de méthylène dissous dans la glycérine.

II. Plus généralement, un certain nombre de matières colorantes fluorescentes dissoutes dans les polyalcools ou dans leurs solutions aqueuses subissent à la lumière une hydrogénation aux dépens du polyalcool. Par

---

(1) T. SWENSSON, *Arkiv för Kemi*, t. 7, nº 19, Stockholm, 1920.

(2) Séance du 30 juillet 1923.

oxydation ultérieure à l'air, le colorant reparaît plus ou moins complètement à partir du leucodérivé formé; en tube scellé privé d'air la décoloration persiste indéfiniment. On a affaire ici à une réaction pseudoréversible; la réversibilité ne se réalise que par l'intermédiaire de l'air.

J'ai expérimenté avec des solutions faibles ($\frac{1}{5000}$ en général) en colorant et très concentrées en polyalcool, ordinairement placées dans le vide et maintenues à température constante (température ordinaire) pendant leur exposition aux radiations. La réaction a lieu plus rapidement avec l'éosine ou l'érythrosine qu'avec l'uranine. Les fluorescéines et les thiazines (bleus de méthylène, de thionine, de méthylène nouveau, thiocarmin, etc.) sont particulièrement aptes à la donner. Elle réussit bien également avec le bleu de Meldola, mais ne procède que très lentement avec une autre oxazine, le bleu fluorescent, ou avec la pyronine. J'ai employé comme polyalcools le glycol, la glycérine, l'érythrite, la mannite, le glucose, etc. Les tartrates neutres solubles (sel de Seignette, etc.) m'ont donné des réactions rapides. Utilisant la plupart du temps la lumière blanche d'un arc électrique, j'ai quelquefois recherché les rayons actifs au moyen d'écrans convenables (SO^4Cu pour l'uranine, $Cr^2O^7K^2$ pour le bleu de méthylène, etc.) Le premier ultraviolet (lampe à mercure avec verre de Wood) agit bien dans beaucoup de cas (éosine-glycérine, etc.).

La régénération à l'air des produits décolorés a été étudiée au colorimètre et au spectroscope. Assez bonne avec les thiazines ou l'éosine, un peu moins avec l'uranine, elle devient mauvaise avec le Rose Bengale ou le Rouge de Magdala (safranine). Elle dépend d'ailleurs du polyalcool employé. On constate assez fréquemment une légère variation de la couleur après la régénération.

III. Beaucoup d'acides organiques peuvent jouer vis-à-vis des thiazines par exemple, un rôle analogue aux polyalcools. Entre l'acide acétique et le bleu de méthylène éclairés la réaction est très lente; elle est au contraire rapide entre le bleu de méthylène (au $\frac{1}{5000}$ environ) et l'acide oxalique dissous dans l'eau. Du gaz carbonique se dégage et la décoloration (à l'abri de l'air) se produit :

$$CO^2H - CO^2H + M = MH^2 + 2\,CO^2 \quad (M = \text{bleu de méthylène}).$$

La réaction présente une grande analogie avec celle que M. Lemoine a étudiée entre l'acide oxalique et le chlorure ferrique, ou encore avec la décomposition photocatalytique de l'acide oxalique par les sels d'uranium.

Elle s'effectue sous l'action des rayons orangés, ou plus rapidement sous

l'action du premier ultraviolet. La régénération de la couleur est ici très bonne; on ne trouve aucune différence entre la liqueur primitive et la liqueur redevenue bleue au bout d'un temps suffisant après la décoloration.

Les acides-alcools (lactique, malique, tartrique, citrique, etc.) produisent aussi l'hydrogénation photochimique du bleu de méthylène ou d'autres corps fluorescents. Beaucoup d'autres substances agissent dans le même sens; on observe des réactions très rapides avec les chlorhydrates d'hydroxylamine ou de phénylhydrazine.

IV. Les mêmes matières colorantes s'oxydent au contraire à la lumière dans d'autres conditions (Lazareff). Cette oxydation détruit en général la molécule; c'est ainsi que l'éosine fournit des acides bromhydrique, oxalique, phtalique (Heffter). Quand on éclaire une solution d'uranine dans l'eau au contact de l'air, elle perd sa fluorescence, et il reste une liqueur d'un brun rouge qui ne peut redonner l'uranine. Que se passerait-il à l'abri de l'air? J'ai pu, dans un tube privé d'air, éclairer une dizaine de jours une solution aqueuse d'uranine sans la modifier sensiblement, alors que la même solution, au contact de l'air, s'est entièrement transformée en moins de trois jours. Un fait analogue est connu pour la chlorophylle (Wurmser).

On peut alors penser avec M. Jean Perrin [1] que l'effet direct de la lumière sur la molécule fluorescente est de la faire passer à un état critique où elle jouirait d'une activité plus grande. Elle pourrait à partir de cet état critique revenir à son premier état en émettant la lumière de fluorescence, ou s'isomériser (quinine), ou s'unir à une autre molécule semblable (anthracène), ou différente (oxygène ou hydrogène).

V. Je signalerai enfin les faits suivants relatifs aux hydrogénations précédentes :

1° La fuchsine, la tartrazine, le vert malachite, le carmin d'indigo (non fluorescents) dans la glycérine semblent insensibles à la lumière. Dans une solution d'acide oxalique le carmin d'indigo subit cependant une réduction lente. Les rhodamines (fluorescentes) ne se transforment pas d'une manière appréciable dans la glycérine à la lumière.

2° J'ai opéré avec des concentrations faibles ($\frac{1}{5000}$ environ) en corps fluorescents. Quand on augmente la concentration la réaction photochimique est de plus en plus difficile et finit par ne plus se produire pratiquement. Des éclairements très prolongés n'amènent aucun changement visible dans

---

(1) Dans la Notice sur ses Travaux scientifiques (1923). M. J. Perrin a du reste, dans quelques lignes de cette notice, résumé mes principaux résultats non encore publiés.

une solution d'uranine au $\frac{1}{500}$. Wood a mis le même caractère en évidence à propos de la transformation de l'éosine dans l'eau au contact de l'air.

3° Beaucoup de ces hydrogénations peuvent indifféremment s'effectuer sous l'action de la lumière ou sous celle de la chaleur, montrant ainsi que « lumière et chocs peuvent se remplacer » (Jean Perrin). C'est le cas pour les thiazines et les oxazines dans la glycérine, mais non pour les fluorescéines. Un grand nombre de colorants non fluorescents (carmin d'indigo, vert malachite, etc.) subissent aussi très facilement la même hydrogénation provoquée par la chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique et empêchement stérique. Étude de quelques heptènes.* Note de MM. **G. Vavon** et **S. Kleiner**, transmise par M. Haller.

Quand dans l'acide cinnamique on remplace les hydrogènes voisins de la double liaison par des radicaux saturés de série grasse, on obtient des corps plus dificiles à hydrogéner par le noir de platine que ne l'est l'acide cinnamique lui-même [1]. Ces résultats sont en accord avec la théorie de l'empêchement stérique.

Nous avons cherché à vérifier si cet accord subsistait dans d'autres séries et dans ce but nous avons étudié comparativement un certain nombre de carbures éthyléniques en C^7H^{14}; heptène-3, diméthyl-2.4 pentène-2, éthyl-3, pentène-2, diméthyl-2.3 pentène-2.

Ces quatre carbures peuvent être envisagés comme dérivant de l'éthylène par remplacement de 2, 3 ou 4 H par 2, 3 ou 4 radicaux; ce sont en effet :

I. L'éthylpropyléthylène,

$$\begin{matrix}C^3H^7\\H\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}$$

II. Le diméthylisopropyléthylène,

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^3H^7\\H\end{matrix}$$

III. Le méthyldiéthyléthylène,

$$\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}$$

---

[1] G. Vavon et A. Husson, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 989.

IV. Le triméthyléthyléthylène,

$$\begin{matrix}CH^3 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^2H^5 \\ H\end{matrix}$$

Si la théorie de l'empêchement stérique se vérifie ici, l'hydrogénation doit être d'autant plus difficile qu'il y a plus de radicaux substitués. La difficulté doit donc augmenter du carbure I aux carbures II et III et de ceux-ci au carbure IV.

Préparation des carbures. — Ces carbures étant déjà connus, nous ne donnerons pas ici de détails sur leur préparation. Disons seulement que nous les avons obtenus par déshydratation des alcools suivants : dipropylcarbinol, diisopropylcarbinol, triéthylcarbinol, diméthylbutyl-2-carbinol (ces alcools ayant été choisis de façon à éviter autant que possible la formation de plusieurs isomères pendant la déshydratation).

Voici les constantes physiques des carbures soumis à l'expérience :

	Ébullition.	d_{17}.	n_{D17}.
I	95°,5-96°,5	0,703	1,4045
II	96 -97	0,724	1,413
III	95 -96	0,725	1,417
IV	90 -93	0,730	1,420

Méthode de comparaison. — On mélange une molécule de carbure à une molécule d'un corps éthylénique type, on dilue dans un solvant convenable; on fixe sur le mélange une seule molécule d'hydrogène qui se partage entre les deux corps. La fraction fixée par le carbure permet de repérer la facilité d'hydrogénation de ce corps. Comme terme de comparaison nous avons employé l'α-pinène et l'acide undécylénique.

Dans le cas du pinène une simple lecture polarimétrique permet de déterminer la quantité de pinène hydrogéné et par suite celle du carbure.

Avec l'acide undécylénique la comparaison est plus laborieuse : après avoir fixé l'hydrogène, on filtre le liquide, on sépare le mélange d'acides (éthylénique et saturé) du mélange de carbures en passant par les sels de soude solubles dans l'eau. Après séparation, on titre par le brome la quantité de corps éthylénique restant dans chaque solution ; on en déduit l'hydrogène fixé sur l'acide et le carbure.

Le titrage au brome impose le choix d'un solvant qui ne soit pas attaqué par ce réactif dans les conditions du dosage; de plus il ne doit pas entraver la catalyse du platine; ces deux conditions limitent beaucoup le choix ; nous avons employé le cyclohexane et le pinane.

Résultats obtenus. — Voici à titre d'exemple une série de mesures faites, pour la première colonne avec le pinène dans l'acétate d'éthyle; pour le second avec l'acide undécylénique dans le cyclohexane, pour la troisième l'acide undécylénique dans le pinane.

Carbure.	Pour 100 d'hydrogène fixé par le carbure.		
Éthylpropyléthylène	96	24	22
Méthyldiéthyléthylène	71	14	»
Diméthylisopropyléthylène ..	70	14	11
Triméthyléthyléthylène	65	10	8

Afin de voir la généralité des résultats précédents, nous avons fait varier les différents facteurs dont dépend la catalyse : qualité et quantité du platine, nature du solvant, concentration. *Les nombres trouvés diffèrent d'une série à l'autre, mais le classement reste le même.*

L'introduction de radicaux au voisinage de la double liaison rend donc plus difficile l'hydrogénation du corps. Toutefois *l'empêchement stérique est moins marqué ici que dans la série des acides cinnamiques.*

Fixation du brome. — Nous avons cherché à voir si l'addition du brome sur les carbures était influencée par la structure dans le même sens que l'addition de l'hydrogène.

Des mesures directes de vitesse sont presque impossibles étant donnée la grande rapidité de la réaction. D'autre part des traces d'impuretés font varier cette vitesse dans de larges limites. Aussi nous avons fait, comme pour l'hydrogène, des mesures comparatives en présence d'acide undécylénique. On élimine ainsi le facteur temps et en grande partie l'action perturbatrice des impuretés.

Dans l'une des séries de mesures nous avons obtenu comme brome fixé par les quatre carbures I, II, III et IV, respectivement 46, 61, 55 et 69 pour 100.

Les expériences répétées à l'obscurité, à la lumière solaire en présence d'humidité ou de traces d'iode ont donné des résultats peu différents des précédents.

De ces nombres il résulte que la fixation du brome ne suit pas la loi de l'empêchement stérique et que l'accumulation de radicaux méthyle au voisinage de la double liaison semble faciliter la réaction.

CHIMIE AGRICOLE. — *Étude comparative de quelques méthodes d'analyse chimique de l'humus dans les sols.* Note de M. V. **Agafonoff**, présentée par M. Louis Gentil.

La proportion d'humus est une constante caractéristique des différents types de sols. Ainsi les tchernozioms (terres noires) qui s'étendent en une bande de 350^{km} à 1000^{km} de large, entre les 45° et 57° de latitude nord à travers l'Europe orientale et l'Asie, offrent de 4 à 16 pour 100 d'humus. Les sols chatins, qui bordent au sud la bande de tchernoziom, en contiennent seulement de 3 à 4 pour 100 (très rarement 5 pour 100) et les podzols, qui couvrent presque tout le nord de l'Europe et de l'Asie jusqu'à la zone des toundras, contiennent généralement depuis quelques dixièmes jusqu'à 3 pour 100 d'humus. D'autre part, la proportion d'humus dans un sol est un indice de fertilité : les tchernozioms sont plus fertiles que les sols chatins et les podzols moins fertiles que ces derniers.

Aussi la détermination de la proportion d'humus dans les sols est-elle capitale pour les agrogéologues et les agronomes.

La méthode de dosage la plus répandue et la plus exacte consiste à calciner le sol sur la grille à analyses organiques et à peser l'acide carbonique dégagé. Mais cette analyse est longue et délicate, elle exige près de quatre heures. Au contraire la méthode qui consiste à oxyder l'humus par un mélange de bichromate d'argent et d'acide sulfurique (méthode du professeur Simon) est accessible aux moins expérimentés et prend seulement une heure de temps [1].

Il m'a semblé utile de comparer les deux méthodes par des dosages d'humus dans des sols-types de la Russie et de la Roumanie, sols bien étudiés à divers points de vue. J'ai pu entreprendre ce travail au Laboratoire de Géographie physique de M. L. Gentil, où se trouve réunie une collection intéressante et où j'ai reçu de précieux conseils.

Pour compléter cette étude, j'ai effectué sur les mêmes sols des dosages à l'acide chromique et j'ai déterminé les indices de chlore par la méthode du professeur Lapicque.

On sait que cette dernière méthode est très simple et ne demande pas plus de 30 minutes, mais qu'elle ne donne qu'une indication qualitative sur un sol au point de vue de sa richesse en matière humique. Les déterminations d'indices de chlore

[1] J. Simon, *Détermination du carbone dans la terre végétale* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1409).

dans les sols étudiés ont été faites par Mlle Veil, à qui j'exprime ma vive reconnaissance.

J'ai consigné dans le Tableau ci-dessous les résultats de mes dosages par ces différentes méthodes [1] :

Lieux d'origine.	I. Méthode de la grille. Carbone pour 100.	I. Humus pour 100.	II. Méthode Simon. Carbone pour 100.	II. Humus pour 100.	III. Dosages à l'acide chromique. Carbone pour 100.	III. Humus pour 100.	IV. Perte au feu pour 100.	V. Indices de chlore.
1. Tchernoziom du Gouvernt de Simbirsk (Russie)........	5,07	8,75	5,19	8,94	5,06	8,72	15,9	"
2. Tchernoziom des Monts Goumberlinsky (Russie-Oural)..	3,38	5,83	3,4	5,86	2,32	4	15,12	28,5
3. Tchernoziom sableux du Gouvt de Poltava (Russie).......	2,67	4,6	2,7	4,65	2,57	4,43	8,67	25
4. Tchernoziom chocolat de Roumanie..................	3,03	5,22	3,04	5,24	2,13	3,67	10,78	"
5. Sol de forêt du Gouvt d'Oufa (Russie)...............	2,71	4,67	2,77	4,77	2,04	3,5	8,06	26,25
6. Sol chatin de Roumanie.....	2,22	3,82	2,2	3,79	1,88	3,24	9,27	15,5
7. Sol marécageux de Nova-Alexandria (Pologne).....	2,04	3,52	1,98	3,41	1,7	2,93	6,41	15,25
8. Sol salant du Gouvt de Poltava (Russie)................	1,72	2,96	1,72	2,96	1,25	2,15	6,89	"
9. Podzol du Gouvt de Pétrograd (Russie)................	0,7	1,21	0,65	4,07	0,35	0,51	2,9	6,25
10. Sol sableux du Gouvt de Poltava (Russie)............	0,15	0,25	0,16	0,28	0,12	0,20	0,38	2,5

Nous voyons d'après ce Tableau que :

1° Les pourcentages de carbone dosé par la méthode de calcination et par la méthode du professeur Simon sont très voisins, presque toujours ils ne diffèrent que par le chiffre de la deuxième décimale. La méthode du professeur Simon indique donc suffisamment la caractéristique des divers sols au point de vue de l'acide humique.

2° Les nombres obtenus par le traitement à l'acide chromique et l'acide sulfurique sont beaucoup plus faibles que les nombres précédents. Ce résultat était à prévoir d'après certains travaux et surtout le récent travail du

---

[1] J'ai indiqué dans les trois premières colonnes les chiffres que j'ai obtenus par les méthodes de la grille (I), du professeur Simon (II), de l'acide chromique (III); la proportion d'humus est déduite de celle du carbone dosé par le calcul, en multipliant le pourcentage de carbone par le rapport $\frac{100}{58}$.

professeur Simon qui a démontré que ce mélange oxydant n'attaque pas certains corps organiques et parmi eux certains composés humiques des sols.

On voit aussi, d'après ce Tableau, qu'il n'existe presque pas de ces combinaisons humiques non oxydables par le procédé de l'acide chromique, dans deux tchernozioms typiques (nos 1 et 3); tandis qu'il y en a plus de 1 pour 100 dans le tchernoziom phosphaté des monts Goumberlinsky (n° 2) et dans le tchernoziom chocolat de Roumanie (n° 4). Dans les autres sols étudiés on trouve des dixièmes pour 100 de ces combinaisons humiques (à l'exception bien compréhensible du sol sableux n° 10).

Il résulte de ces dosages que la méthode d'analyse d'humus du professeur Simon peut bien remplacer la méthode par calcination, plus longue et plus pénible. Si l'on applique parallèlement sur un même sol la méthode Simon et celle de l'oxydation par l'acide chromique et l'acide sulfurique, on peut se faire une idée sur la nature chimique de l'humus du sol analysé. Quant aux indices de chlore ils correspondent qualitativement aux chiffres obtenus par les méthodes plus exactes (calcination et méthode Simon). Les sols plus riches en humus ont des indices de chlore plus élevés. On peut même penser que ces indices peuvent donner quelques indications approximatives sur la quantité d'humus contenue dans un sol.

BOTANIQUE. — *Anomalies du fruit de* Capsella Bursa-pastoris, *provoquées par la salure.* Note [1] de M. **Pierre Lesage**, transmise par M. Guignard.

Depuis 1920 je relève, autant que possible, le nombre des fruits anormaux, à 3 ailes et à 4 ailes, dans mes cultures de *Lepidium sativum.* Ces fruits anormaux se trouvent sur les plantes salées et surtout sur les plantes salées provenant de graines formées sur des plantes salées.

C'est ce qui m'a amené à dire, à la fin de la campagne de 1922, que la salure n'est pas étrangère à la production de cette anomalie [2].

Cette année, j'ai voulu chercher à m'en assurer sur d'autres Crucifères et, en particulier, sur le *Capsella Bursa-pastoris* dont dérive le *Capsella Viguieri*

---

[1] Séance du 30 juillet 1923.

[2] Pierre Lesage, *Sur les fruits anormaux et l'entraînement à la salure dans le* Lepidium sativum (*Rev. gén. de Bot.*, t. 35, mai 1923, p. 211).

(Blaringhem) qui, précisément, a comme caractère principal de présenter une très grande majorité de fruits à 4 valves [1].

Pour cela, j'ai semé de très nombreuses graines de *Capsella Bursa-pastoris* sur de la terre assez fortement salée avec du chlorure de sodium. Ces graines provenaient de pieds qui poussent un peu partout dans le Jardin des Plantes de Rennes, mais qui, à aucun moment, ne m'ont présenté de fruits anormaux à 3 ou 4 ailes, bien que j'en aie passé en revue un nombre considérable.

Quelques graines seulement ont bien germé et ont donné des pieds qui me paraissent bien portants et fructifient en ce moment.

Une observation attentive de ces pieds m'a fait trouver, en outre des fruits normaux, quelques fruits anormaux à 3 et même à 4 ailes. Cette dernière forme anormale pourrait être représentée par le dessin (*a*) que Blaringhem donne du fruit de *Capsella Viguieri* [2].

Voilà donc une deuxième Crucifère dans laquelle je trouve que la salure provoque la formation de fruits anormaux à 3 et à 4 ailes.

Il me paraît inutile d'insister en ce moment sur l'intérêt qui s'attache à la connaissance de ces faits qui, joints à d'autres, ne peuvent manquer de jeter quelque lumière dans la discussion des théories sur les mutations et sur l'hérédité.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Contrôle biologique de l'influence des engrais; détermination des périodes sensibles.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les essais sont faits au Laboratoire de Physique végétale de Bellevue (S.-et-O.) dans des pots comparables d'une terre drainée, pauvre, homogène, à laquelle on a ajouté, ou non, du calcaire Ca et des doses d'acide phosphorique P, de potasse K, d'azote N, dont l'ensemble correspond à une formule d'engrais complet. Les semis d'Orge, de Lin, de Pavot m'ont donné l'occasion d'appliquer des méthodes de comparaison d'ordre biologique, qui me paraissent traduire, plus exactement que les poids des récoltes, les réactions des lignées aux diverses fumures. En 1923, l'influence de N fut très marquée et même aberrante; *les procédés de*

---

(1) L. Blaringhem, *Les transformations brusques des êtres vivants*, 1911, p. 127.

(2) *Loc. cit.*, p. 126.

contrôle qui mettent en valeur l'état des plantes à la floraison sont d'une sensibilité remarquable.

Tableau de l'influence des fumures (¹) *sur les caractéristiques biologiques.*

Témoins (T) et fumures....	T_1.	T_2.	T_3.	N.	K.	P.	Ca.	NK.	NP.	NCa.	KP.	PCa.	KCa.	$\frac{KP}{Ca}$.	$\frac{NK}{P}$.	$\frac{NK}{Ca}$.	$\frac{NK}{PCa}$.
1° *Orge Comtesse :*																	
Densité des épis.........	38	37	38	42	38	36	40	40	36	43	36	40	37	36	42	38	41
$\frac{l}{L} = \frac{\text{entre-nœud 1}}{\text{hauteur}}$.........	3,2	3,3	3,1	5,8	3,3	3,1	3,2	11	6,2	5,6	3,5	3,1	3,9	3,5	8	10	7,8
2° *Lin Kowno :*																	
Hauteur des tiges.........	60	55	60	53	56	55	48	45	51	46	56	57	49	51	51	41	50
Densité foliaire..........	11	12	12	23	16	11	15	23	22	24	14	14	15	12	20	24	16
3° *Pavot Œillette :*																	
Capsules à 5-6 stigmates....	11	2	3	»	6	6	2	1	»	1	5	8	3	5	»	1	»
» 7-8 » ..	14	14	16	6	18	17	16	12	3	7	13	11	17	23	»	8	3
» 9-10 » ..	1	7	4	14	2	1	5	8	19	13	6	2	2	1	17	12	14
» 11-12 » ..	»	»	»	2	»	»	»	2	2	3	3	»	»	»	10	2	5
Total..................	26	23	23	22	26	24	23	23	24	24	27	21	22	29	27	23	23

1° *Orge Comtesse;* pédigrée très uniforme, contrôlée depuis 1902, issue d'un seul grain. — Le 19 avril, on éclaircit les semis et laisse 36 plantes d'égale force par pots; les lots ne diffèrent que par la teinte verte et la tendance au tallage. Fin mai, les lots à N se distinguent nettement des autres; à l'épiage, ils montrent un retard constant et presque uniforme dans la sortie des barbes et, à cause de la forte chaleur brusque, sont seuls à présenter la dessiccation prématurée caractéristique de l'*échaudage*. Cette altération pourrait être évaluée par la variation de la moyenne de la hauteur des chaumes, ou de l'épaisseur ou du poids des grains. *Le rapport de la longueur du dernier entre-nœud* (sous l'épi) *à celle du chaume correspondant* fournit l'expression la plus correcte du *degré de l'échaudage;* l'addition de N double, celle de N et de K triple les valeurs fournies par les témoins; P et Ca atténuent les valeurs (Tableau I). On peut en déduire aussi que la densité des épis et le nombre des grains par épis, qui varient peu, sont fixés de bonne heure et, pour cette raison, peu altérés, tandis que l'allongement du dernier entre-nœud, tardif, est modifié à l'extrême.

2° *Lin Kowno*; sorte homogène cultivée et contrôlée en 1921 et 1922 à Bellevue. — A cause du semis tardif, la levée fut très régulière; les lots à N sont d'un vert plus sombre, leurs feuilles sont plus larges; à la floraison, la différence est accentuée par

(¹) *Doses.* — Ca, 10 pour 100 de blanc de Meudon pulvérisé. Pour les engrais, ramenés à l'hectare ou à 3000 tonnes de terre : P(= P^2O^5, 200^{kg}), K(= K^2O, 125^{kg}), N(azote, 100^{kg} à l'état SO^4Am^2). Le mélange fut préparé et mis en place fin janvier; les semis eurent lieu le 20 mars (Orge et Pavot) et le 9 avril (Lin).

un retard des N de deux semaines dans l'épanouissement de la première fleur, par l'enroulement des feuilles persistantes, par l'épaississement des tiges; chez les témoins et les lots sans N, dès la floraison terminée, les feuilles jaunies tombent progressivement de la base vers le sommet et les pédoncules se dressent, même lorsque les fruits avortent. La plupart des fleurs des lots à N se dessèchent sans nouer, bien que le pollen soit normal, et l'ensemble de la grappe tombe sur le côté, et les feuilles brunissent, puis meurent sans se détacher. Je constate, au microscope, que *les lins à* N *sont dépourvus de fibres;* ou plutôt, les cellules allongées qui devraient évoluer en fibres forment des paquets d'éléments dissociés et à parois minces, sans résistance. En coupe transversale, les fibres des Lins sans N ont 10-16 μ sur 6-8 μ et une épaisseur de membrane de 2,5 à 3 μ, ne laissant qu'une lacune centrale très petite; les cellules correspondantes des Lins à N ont 12-20 μ sur 7-12 μ et au plus une épaisseur de membrane de 1 μ, laissant une large lacune centrale. Or l'altération est peu sensible, à peine du quart, lorsqu'on limite l'examen au poids de la paille sèche, qui est l'évaluation habituelle du rendement; la longueur des tiges ne la met pas clairement en valeur; par contre, la *densité foliaire* (mesure du rapprochement des feuilles) *de la portion moyenne des tiges*, qui se fixe précisément à l'époque de la floraison, *en donne une excellente mesure. L'addition* CaKN *donne des densités foliaires doubles des témoins.* N seul est très actif; K, puis Ca accentuent son influence.

3° *Pavot Œillette.* — Les nombres des rayons, ou stigmates, des capsules terminales, qui sont esquissés dans la très jeune fleur de la plante encore à l'état de rosette, traduisent plus correctement que les tailles des tiges, ou les poids des capsules, ou les poids des graines, l'influence immédiate des fumures sur la croissance. La moyenne de ces nombres, pour les lots sans N, est 7 à 8, pour les lots à N, au moins 9 et souvent 10; l'influence de Ca est à peine sensible, celle de K intermédiaire.

Ces exemples montrent l'intérêt : 1° *du choix de quelques caractères sensibles* pour l'examen de l'influence comparée des engrais; 2° *de la décomposition des réactions en périodes*, rosette, floraison, maturation. *Le maximum de précision du contrôle biologique ne peut être obtenu qu'avec des lignées pures.*

ENTOMOLOGIE. — *Sur la composition chimique des nids de l'*Apicotermes occultus *Silv.* Note [1] de M. **Robert Stumper**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les nids de l'*Apicotermes occultus*, termite congolais, comptent parmi les merveilles de l'architecture animale. En effet, ils sont construits avec une science et un art si consommés que l'on serait tenté d'attribuer à ces insectes des connaissances de géométrie, de dynamique et de résistance des matériaux.

[1] Séance du 23 juillet 1923.

Comme ces habitations ne sont connues que depuis 1918, nous rappelons sommairement leur structure : les nids sont souterrains et se présentent sous forme sphérique ou ovoïde. L'intérieur n'est qu'un système d'étages dont l'élégante régularité frappe d'abord; les étages communiquent entre eux et se trouvent soutenus par de nombreux piliers disposés en quinconce. Ce qu'il y a de plus frappant, c'est la paroi extérieure de la sphère; elle a environ 1^{cm} d'épaisseur et est parcourue de bas en haut par un canal en spirale qui communique par des pores équidistants avec l'extérieur et par des canalicules avec l'intérieur.

A chaque étage aboutit ainsi, sur tout le pourtour, un grand nombre de petites fentes, orifices des canalicules, disposées en quinconce avec les pores reliant le canal avec l'extérieur. Ce canal est beaucoup trop petit pour permettre le passage des termites; il faut donc se demander sa raison d'être. Desneux (1) et Reichensperger (2) lui attribuent un *rôle de ventilation*, l'air entrant par les pores dans le canal en spirale et se rendant de celui-ci par les petits canaux aux étages d'habitation.

Nous avons eu l'occasion d'étudier la composition chimique de ces fameux nids et nous allons résumer les résultats obtenus. Les fragments de nids examinés proviennent du Congo belge, où un lot assez important de ces nids a été trouvé par le naturaliste luxembourgeois L. Luja. Les nids se trouvaient enfouis dans un sol sablonneux à une profondeur de $80\text{-}60^{cm}$.

La couleur des nids est brun noirâtre, ce qui indique la présence d'un mastic organique composé probablement d'excrétions et de sécrétions de ces insectes xylophages. L'analyse qualitative révèle la présence de matières organiques ainsi que des composés suivants : silice, chaux, alumine, fer, magnésie, métaux alcalins, sulfates.

La matière des nids est insoluble dans l'eau; sous l'influence des acides, la partie minérale se dissout partiellement, tandis que les matières organiques restent inattaquées; ces dernières sont dissoutes en grande partie par les alcalis KOH, NaOH et NH^4OH, avec formation d'un liquide fortement coloré en brun foncé; les acides précipitent de ce liquide des matières humiques floconneuses, ce qui prouve l'origine végétale du mastic organique des nids.

Nous avons fait l'analyse quantitative de trois échantillons différents de nids et nous avons résumé les résultats dans le Tableau I.

---

(1) DESNEUX, *Rev. zool. afr.*, 1918.

(2) REICHENSPERGER, *Bull. natur. luxemb.*, 1923.

TABLEAU I.

	Échantillons		
	1.	2.	3.
	p. 100	p. 100	p. 100
Humidité	2,77	2,69	2,83
Matières organiques	14,31	15,14	15,35
Résidu minéral	82,92	81,17	81,82
Ce dernier :			
Silice (sable fin)	73,27	73,44	74,63
$Fe^2O^3 + Al^2O^3$	4,30	3,80	4,10
CaO	0,75	1,00	0,88
SO^3	1,07	1,42	1,25
$MgO + Na^2O + K^2O$	3,53	1,51	0,95

Il résulte de ces analyses que l'*Apicotermes* construit ses nids avec du sable dont il forme une masse homogène à l'aide de ses excrétions.

Un premier point sur lequel il faut insister est l'uniformité et la petitesse des grains de sables, ce qui prouve bien que les ouvriers sélectionnent judicieusement leur matériel de construction. Mais ce qui frappe avant tout, c'est la constance des proportions des matières organiques et du résidu siliceux. Afin de vérifier ce point nous avons fait trois nouvelles analyses dont les résultats sont consignés avec les précédents dans le Tableau II.

TABLEAU II.

	Échantillons					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Humidité	2,77	2,69	2,83	2,70	2,59	2,61
Matières organiques	14,31	15,14	15,35	15,65	15,38	15,16
Résidu minéral	82,92	81,17	81,82	81,65	82,03	82,23
Rapport $\frac{\text{Résidu minéral}}{\text{Matières organiques}}$	5,79	5,38	5,25	5,21	5,39	5,43

On se rend aisément compte que les teneurs en matières organiques et en résidu minéral ne varient que dans des limites très étroites, ce qui dénote l'existence d'un instinct chimique de nidification remarquablement précis chez l'*Apicotermes* : pour construire ses nids ce termite prend invariablement 1 partie de mastic organique (excrétion d'origine végétale) pour 5,2 à 5,8 parties de matières minérales empruntées au sol environnant et sélectionnées convenablement. Le rôle du canal ventilateur nous semble maintenant plus clair : d'une part ce canal apporte l'air pour oxyder et durcir les parties du nid fraîchement construites, et d'autre part il remplace l'air de l'intérieur du nid intoxiqué par la respiration de ses nombreux habitants.

HISTOLOGIE. — *Sur l'origine des cellules interstitielles dans le testicule du Coq domestique.* Note [1] de M. J. BENOIT, présentée par M. Roux.

On admet généralement que les cellules interstitielles du testicule naissent aux dépens d'éléments conjonctifs. Firket [2] a décrit, chez le poulet, leur formation aux dépens des éléments mésenchymateux qui entourent les cordons sexuels. J'ai moi-même, dans le même objet, décrit que les cellules mésenchymateuses prennent les caractères de cellules glandulaires [3]. Mais depuis longtemps déjà certains auteurs (Messing, Minot, Mussbaum, etc.) avaient émis l'idée que les cellules interstitielles seraient des restes de cordons sexuels embryonnaires qui n'auraient pas formé de tubes séminifères. En ce qui concerne les Oiseaux, Loisel a admis que chez le Poulet, le Pigeon et le Moineau, cellules interstitielles et cellules sexuelles ont même origine. Nonidez a montré dernièrement [4], chez le Coq de la race Sebright, que certaines cellules des cordons sexuels se transforment en cellules interstitielles. Dans le but d'apporter quelque clarté dans cette question controversée de l'origine des cellules interstitielles, j'ai étudié, à des stades très précoces, le développement du testicule chez le Poulet, et cette recherche m'a amené à modifier l'opinion que j'avais précédemment émise.

J'ai spécialement étudié le Leghorn Doré, et prélevé quelques testicules chez d'autres races de Coqs.

Au 15e jour de l'incubation les cordons sexuels sont plongés dans un tissu mésenchymateux indifférencié. De place en place on rencontre, dans ce tissu, des amas bien délimités de deux, quatre cellules ou davantage, dont le protoplasme vacuolaire est chargé de graisse osmiophile. L'examen successif de coupes sériées montre que ces amas sont tantôt isolés dans le tissu conjonctif ambiant, tantôt se continuent avec un cordon sexuel. D'autre part ces amas de cellules chargées de graisse et isolées dans le tissu conjonctif peuvent contenir des cellules sexuelles intactes; enfin, de place en place, dans les cordons sexuels, on trouve une ou plusieurs cellules identiques à celles qui sont situées dans le tissu conjonctif. On observe, en un mot, tout une série d'images qui suggèrent l'idée que ces cellules interstitielles chargées de graisse proviennent des cordons sexuels. L'examen attentif de nombreuses coupes sériées, et provenant de testicules prélevés vers la fin de l'incubation, transforment cette idée en certitude. Voici, en raccourci, comment se déroule ce processus :

---

[1] Séance du 30 juillet 1923.
[2] *Archives de Biologie*, 1919-1920, p. 395.
[3] *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1922, p. 1382.
[4] *The American Journal of Anatomy*, 1922, p. 109.

Une ou plusieurs petites cellules épithéliales [1] d'un cordon sexuel, absolument normal par ailleurs, subissent les transformations cytologiques suivantes : leurs chondriosomes deviennent plus longs, plus volumineux et plus nombreux; le noyau devient plus colorable, et le protoplasme élabore une graisse très labile, qui remplit bientôt toute la cellule. Ce processus affecte, pendant les premiers stades, un nombre considérable de cellules : Il y a une sorte de transformation massive d'un segment de cordon sexuel. Plus tard, seules les cellules qui auront subi cette transformation sortiront du tube. Un segment de cordon sexuel s'est donc transformé et chargé de graisse. Il est encore entouré par une membrane propre et par une couche de cellules conjonctives. Ces deux parois disparaissent progressivement, et les cellules transformées sont libérées dans le tissu conjonctif où on les trouve souvent en contact intime avec un capillaire sanguin. Leur nouvelle situation leur impose une forme spéciale. Lorsqu'elles restent groupées elles conservent leur forme polygonale et leur aspect épithéloïde. Lorsque au contraire elles se trouvent isolées dans le tissu conjonctif, elles peuvent prendre l'aspect étoilé des cellules conjonctives. Leur structure cytologique se modifie peu : les alvéoles perdent de leur régularité, diminuent de nombre, augmentent de volume, et le chondriome, constitué par des chondriocontes et surtout par des mitochondries, persiste sur les travées intervacuolaires. Telle est la structure que conservera la cellule interstitielle glandulaire, à de légères variations près, pendant toute la période impubère du testicule. Je n'ai jamais observé la dégénérescence ni la disparition de ces cellules glandulaires originaires des cordons sexuels.

Cette transformation des petites cellules épithéliales en cellules interstitielles s'observe à partir du dixième jour de l'incubation et s'atténue progressivement au cours de la première semaine après l'éclosion. Mais toutes les cellules interstitielles glandulaires, abondantes dans le testicule du jeune Poulet, dérivent-elles des cordons sexuels? Il est difficile d'affirmer qu'aucune cellule mésenchymateuse ne subit les mêmes modifications cytologiques, car bien souvent les îlots de cellules lipogènes provenant des petites cellules épithéliales se dissocient au point de présenter, quant à la forme de leurs cellules, l'aspect réticulé d'un tissu mésenchymateux. J'ai cependant l'impression, après avoir examiné un grand nombre d'organes, que les cellules conjonctives, si elles présentent parfois quelques vacuoles de graisse, ne poussent pas plus loin leur différenciation, et qu'elles reprennent ensuite

---

[1] Je n'oserais pas affirmer que jamais les grandes cellules germinatives ne subissent les transformations décrites, mais je n'en ai jamais observé de cas bien nets.

leur aspect de cellules conjonctives banales; ce qui est certain, c'est que chez le Poulet de 8 jours et plus le tissu intertubulaire est constitué par des cellules conjonctives indifférenciées et par des cellules interstitielles glandulaires qui ont le même aspect que celles que nous avons vu se constituer aux dépens des tubes, pendant la fin de l'incubation.

Ce processus est-il général? J'ai étudié des testicules de races diverses de Coqs : Leghorn doré, Leghorn blanc, Faverolles, Houdan, Bantam noir, et j'ai observé dans tous des petites cellules sexuelles en train de subir la transformation susdite. D'autre part, Nonidez a décrit ce phénomène chez les races Sebright et Rhode island. La transformation des petites cellules sexuelles en cellules interstitielles a donc été observée chez toutes les races de Coqs étudiées à ce point de vue. Et je répète que, pour Loisel, chez le Poulet, le Pigeon et le Moineau, les cellules interstitielles et les cellules sexuelles ont même origine.

Si nous nous en tenons à ces quelques données, nous entrevoyons donc que ce processus serait, chez les Oiseaux, assez général. Il appartiendra à des recherches ultérieures de décider si, chez tous les Oiseaux, toutes les cellules interstitielles tirent leur origine des petites cellules épithéliales.

Conclusion. — Les cellules interstitielles du Coq se constituent, pendant la deuxième moitié de l'incubation, et pendant les quelques jours qui suivent l'éclosion, aux dépens des petites cellules épithéliales des cordons sexuels. Ces dernières se chargent de graisse, et émigrent dans le tissu conjonctif. Il ne m'est pas possible actuellement d'affirmer que les cellules mésenchymateuses ne prennent pas part à la formation des cellules interstitielles glandulaires. J'incline cependant à penser, jusqu'à plus ample informé, que toutes les cellules interstitielles, chez l'embryon et le jeune Poussin de quelques jours, se forment uniquement aux dépens des petites cellules épithéliales. Ce phénomène ne serait pas une dégénérescence, mais une véritable métaplasie.

MICROBIOLOGIE. — *Réactions irrégulières au filtrat de bouillon de culture chez les chèvres infectées de* Micrococcus melitensis. Note de M. **Et. Burnet**, présentée par M. Roux.

Si l'infection par le *Micrococcus melitensis* rendait la chèvre aussi sensible que l'homme à l'inoculation d'une faible quantité de filtrat (mélitine), cette réaction, plus rapide, plus sûre et surtout plus commode que la recherche du pouvoir agglutinant, fournirait le moyen le plus pratique de reconnaître les chèvres infectées et de soustraire leur lait à la consommation.

Quand on sait avec quelle sensibilité et quelle régularité réagissent le cobaye et surtout l'homme, on ne peut qu'être frappé de l'irrégularité des réactions qu'on observe chez la chèvre.

Nous avons recherché la réaction chez la chèvre de deux manières, en des régions propres à manifester le phénomène le plus important et en même temps le plus facile à percevoir chez l'animal : l'œdème.

Nous inoculions le filtrat, soit dans le derme, près du bord libre de la paupière supérieure; soit sous la peau du lobe de tissu lâche qui se trouve immédiatement au-dessous de l'implantation de l'oreille (on sait que chez l'homme atteint de fièvre ondulante l'inoculation de $0^{cm^3},5$ de filtrat détermine un œdème massif de la région).

Il y a des chèvres qui réagissent. Cinq heures environ après l'inoculation à la paupière apparaît un œdème, du volume d'une noix, qui peut se communiquer à la paupière inférieure et causer l'occlusion de la fente palpébrale. A la suite de l'inoculation sous l'oreille, le lobe sous-oriculaire gonfle, et l'œdème y laisse après lui une induration. Les inoculations de contrôle, faites avec du bouillon peptoné ordinaire, ne produisent rien ou presque rien.

La réaction se montre même quelquefois plus forte qu'on ne voudrait : nous avons vu, après l'inoculation sous l'oreille, l'œdème envahir tout le cornet, qui restait pendant deux ou trois jours tuméfié et très chaud, tandis que la sécrétion lactée était suspendue et ne reprenait qu'après un intervalle de plusieurs jours.

Mais souvent la réaction est faible, douteuse, difficile à percevoir, à peine plus marquée que celle de l'inoculation de contrôle, dépourvue de cette évidence qu'on doit exiger d'une épreuve destinée à la pratique courante.

De plus, il y a des chèvres qui donnent une belle réaction, alors que les autres épreuves (ensemencements du sang et du lait, agglutination), plusieurs fois répétées, sont toujours négatives; et surtout *il arrive que des chèvres certainement infectées* (hémoculture, lactoculture, agglutination positives) *ne réagissent pas du tout.*

Nous ne nous sommes pas borné à rechercher la réaction chez une cinquantaine de chèvres observées individuellement de près et soumises à toutes les épreuves bactériologiques ; nous plaçant dans les conditions de la pratique, nous avons examiné par le procédé le plus simple (inoculation de 1^{cm^3} de filtrat en dessous de l'oreille) 23 troupeaux comprenant 645 chèvres. Une prise de sang était faite au même moment pour la recherche du pouvoir agglutinant.

Globalement, 13 pour 100 des chèvres ont réagi au filtrat, et 5,7 pour 100 ont donné un sérum agglutinant. Mais ici les résultats globaux n'ont pas de sens; ce qui importe, c'est qu'ils se classent en trois catégories :

1° Il y a des chèvres qui donnent simultanément les deux réactions (2,5 pour 100); 2° Il y a des chèvres qui réagissent au filtrat sans manifester de pouvoir agglutinant (9,5 pour 100); 3° *Il y a des chèvres qui agglutinent sans réagir au filtrat* (3,3 pour 100).

Il y a donc souvent discordance entre les deux épreuves.

A la rigueur on peut ne pas insister sur les cas où il a réaction au filtrat chez les chèvres dont l'infection n'a pu être prouvée : nous savons que chez la chèvre tout particulièrement la preuve de l'infection est souvent difficile à établir.

Le cas des chèvres qui réagissent au filtrat sans manifester de pouvoir agglutinant n'est pas non plus extrêmement embarrassant : on sait que chez l'homme 15 à 20 pour 100 des sujets atteints de fièvre ondulante donnent une intradermo-réaction positive, alors que le pouvoir agglutinant fait défaut : la réaction au filtrat a plus d'extension que la réaction agglutinante.

Mais que penser des cas nombreux où la réaction au filtrat est négative alors que l'agglutination est positive? et des cas où, l'infection étant prouvée par l'isolement du microbe, la réaction au filtrat est nulle?

Les singes inférieurs infectés de *Melitensis* ne réagissent pas au filtrat inoculé dans la peau; et l'on sait que, tuberculeux, ils ne donnent pas la cutiréaction à la tuberculine. Le cas de la chèvre n'est pas exactement celui des singes inférieurs; on ne peut pas dire qu'elle soit insensible au filtrat; la réaction existe chez la chèvre, mais elle est irrégulière.

En somme, dans l'état actuel de nos connaissances, la réaction au filtrat ne peut pas entrer dans la pratique pour le diagnostic de l'infection à *Melitensis* chez la chèvre.

D'autre part, la chèvre qui reçoit une dose convenable de filtrat réagit par une élévation de température. Nous cherchons maintenant à tirer de cette réaction thermique un procédé de diagnostic, qui ne pourra d'ailleurs être d'une application aussi simple et courante qu'une réaction cutanée.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

DUBROCA (Marcelin), Professeur de physique au lycée de Dijon.

Au sujet de la Théorie de la Relativité restreinte
Quelques illusions des sens et leur application

Un volume in-8 raisin de 76 pages; 1921 .... 6 »

DUBROCA (Marcelin), Professeur de physique au lycée de Dijon.

Les idées et les calculs de M. Einstein contre la Science Physique

Un volume in-8 de 96 pages; 1923 .... 8 »

EINSTEIN (A.).

La Théorie de la Relativité restreinte et généralisée*
Traduction française par Mlle J. Rouvière, licenciée ès sciences mathématiques, avec une préface d'Émile Borel, Membre de l'Institut

Un volume in-8 écu (19-12) de 120 pages (10e mille) .... 7 »

EINSTEIN (A.).

L'Ether et la Théorie de la Relativité*
Traduction française par Maurice Solovine

Un volume in-8 carré de 16 pages, broché; 1921 .... 2 50

EINSTEIN (A.).

La Géométrie et l'Expérience*
Traduction française par Maurice Solovine

Un volume in-8 carré de 20 pages, broché; 1921 .... 3 »

ESCLANGON (Ernest), Directeur de l'Observatoire à Strasbourg.

Les Preuves astronomiques de la Relativité*

Un volume in-8 (25-16) de 28 pages; 1922 .... 2 »

FOURNIER (Georges), Ingr E.C.P.

La Relativité vraie et la Gravitation universelle*

Un volume in-8 (25-16) de 132 pages; 1923 .... 7 »

GALBRUN (H.), Docteur ès Sciences, Actuaire de la Banque de Paris et des Pays-Bas.

Introduction à la Théorie de la Relativité. Calcul différentiel absolu et géométrie

Un volume broché in-8 (25-16) de 460 pages; 1923 .... 60 »

GANDILLOT (Maurice), Ingénieur, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Véritable interprétation des Théories relativistes*

Un volume in-12 de 22 pages; 1922 .... 0 80

GANDILLOT (Maurice), Ingénieur, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Note sur une illusion de Relativité

Un volume broché in-4 (28-23) de IV-88 pages; 1913 .... 12 »

GANDILLOT (Maurice), Ingénieur, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Éther ou Relativité*

Un volume in-12 de XIV-84 pages; 1922 .... 4 50

HALDANE (lord).

Le Règne de la Relativité*
Traduction française par H. de Varigny

Un volume in-8 (19-16) de 590 pages; 1922 .... 30 »

LÉMERAY (E.-M.).

Le Principe de la Relativité*
Cours libre professé à la Faculté des Sciences de Marseille pendant le premier trimestre 1915

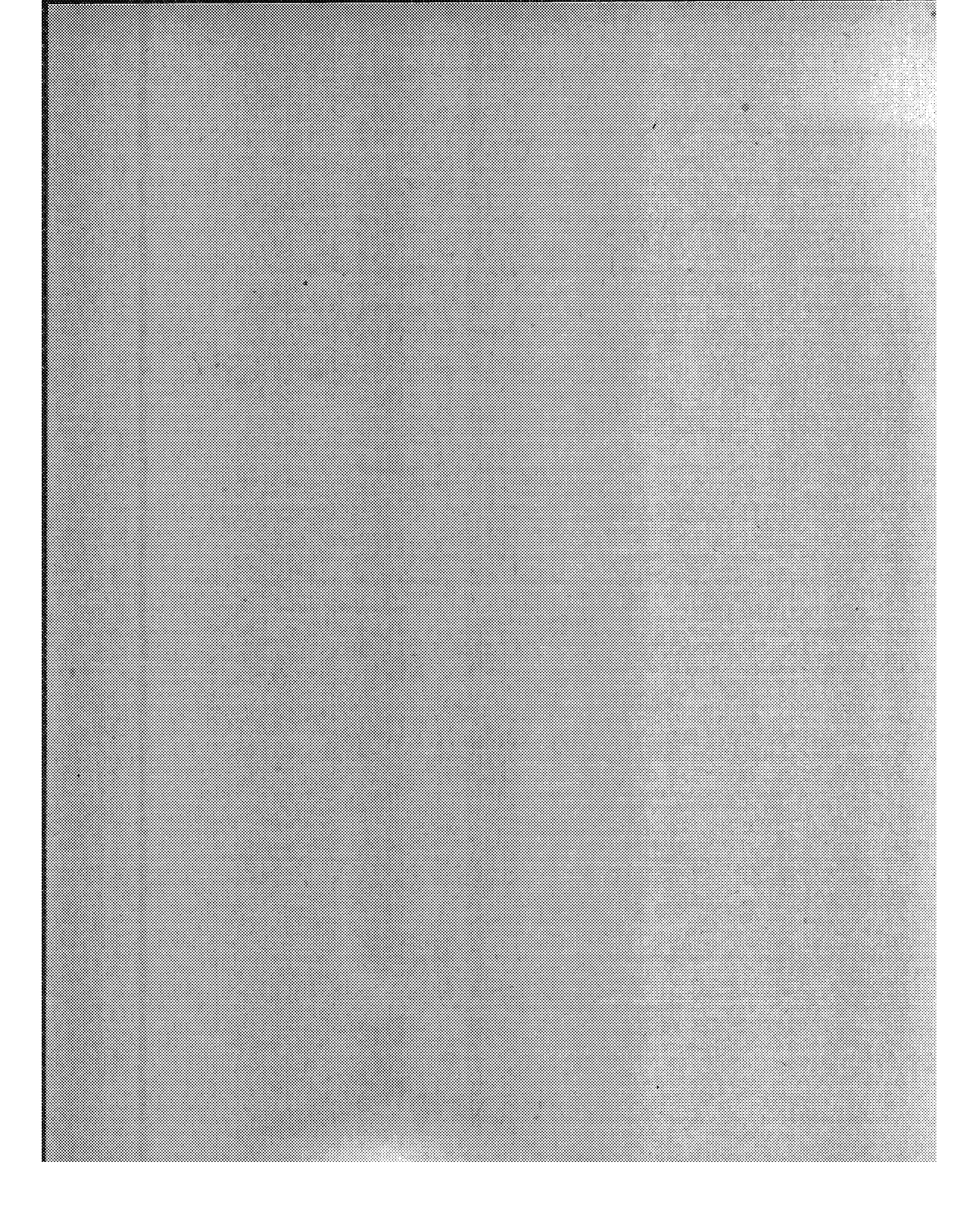
Un volume in-16 (19-12) de IV-156 pages, avec 13 figures; 1916 .... (*Épuisé*)

LÉMERAY (E.-M.).

Leçons élémentaires sur la Gravitation*

Un volume in-8 carré (12-18) de 97 pages, broché; 1921 .... 7 »

AVIS. — Des notices détaillées sur les Ouvrages marqués d'une astérisque (*) seront envoyées gratuitement sur demande.



N° 6

TABLE DES ARTICLES (Séance du 6 Août 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. A. Lacroix. — Comparaison de la composition chimique de deux laves d'Islande, caractérisant des éruptions dont le mode de dynamisme est différent 369

M. G. Bigourdan. — Projet d'une nouvelle bibliographie des Sociétés savantes de la France.......... 374

M. André Blondel. — Méthode rationnelle pour les essais et la spécification des lampes triodes destinées à fonctionner en clapet.......... 376

MM. Charles Nicolle, E. Conseil et A. Cuénod. — Vaccination préventive contre la conjonctivite aiguë à bacille de Weeks. Son importance dans la lutte antitrachomateuse.......... 382

M. Maurice Hamy annonce à l'Académie la publication du Mémoire de M. W.-W. *Campbell*, relatif à l'observation de l'éclipse totale de Soleil du mois de septembre dernier.......... 384

PLIS CACHETÉS.

Ouverture d'un pli cacheté déposé par feu E. Ostrovsky dans la séance du 17 mai 1910 et contenant une Note intitulée : « Recherches sur le virus tuberculeux ».......... 384

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance.......... 385

M. Nilos Sakellariou. — La courbure linéaire oblique et la courbure géodésique totale.......... 385

M. F.-H. van den Dungen. — Quelques applications techniques des équations intégrales.......... 387

M. Rolf Nevanlinna. — Sur le théorème de M. Picard.......... 389

M. R. de Fleury. — La stabilité élastique et les matériaux modernes de construction.......... 392

M. A. Grumbach. — De la superposition des forces électromotrices dans les piles à liquide fluorescent.......... 395

M. R. Levaillant. — Fluorescence et photochimie.......... 398

MM. G. Vavon et S. Kleiner. — Hydrogénation catalytique et empêchement stérique. Étude de quelques heptènes.......... 401

M. V. Agafonoff. — Étude comparative de quelques méthodes d'analyse chimique de l'humus dans les sols.......... 404

M. Pierre Lesage. — Anomalies du fruit de *Capsella Bursa-pastoris*, provoquées par la salure.......... 406

M. L. Blaringhem. — Contrôle biologique de l'influence des engrais; détermination des périodes sensibles.......... 407

M. Robert Stumper. — Sur la composition chimique des nids de l'*Apicotermes occultus* Silv.......... 409

M. J. Benoit. — Sur l'origine des cellules interstitielles dans le testicule du Coq domestique.......... 412

M. Et. Burnet. — Réactions irrégulières au filtrat de bouillon de culture chez les chèvres infectées de *Micrococcus melitensis*.......... 414

70755 — 8-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.

Le Gérant : E. Thouzellier

1923
DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 7 (13 Août 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

Article 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AOUT 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La signification des granites alcalins très riches en soude.* Note de M. A. LACROIX.

L'étude des roches rapportées de l'îlot de Rockall par la mission Charcot m'a permis de montrer (¹) que la *rockallite* décrite comme un granite persodique, mésocrate, composé d'ægyrine, d'albite et de quartz, n'a pas d'existence géologique propre, qu'elle constitue des enclaves à grain moyen dans un granite à ægyrine à gros grain, très hétérogène. Cette hétérogénéité est à la fois qualitative et quantitative, qualitative parce que, suivant les points considérés, l'ægyrine peut être accompagnée d'une amphibole bleue du groupe de la riebeckite, l'albite accompagnée ou plus ou moins complètement remplacée par du microcline ne présentant que les macles de l'albite ; quantitative, parce que ces divers minéraux se combinent de différentes manières et en proportions variées. Une caractéristique commune réside dans la présence, aussi bien au milieu de la rockallite que dans le granite, d'une petite quantité d'*elpidite* (²), épigénisant un minéral du groupe de l'eudialyte.

A ces caractéristiques minéralogiques, je puis aujourd'hui ajouter des précisions chimiques, les analyses 1 à 6 ont été effectuées (par M. Raoult comme toutes celles données plus loin) sur diverses portions du granite et sur ses enclaves.

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 267.

(²) J'ai commis un lapsus dans la description de ce minéral : il faut lire que sa réfringence est plus grande et non pas plus faible que celle de l'albite.

Les paramètres sont respectivement, pour le granite : 1. [II.(3)4.1.3′]; 2. [II.′4.1.(3)4]; 3. [III.′5.1.4 (enclave microgrenue à augite ægyrinique et lanéite)]; 4. [III.3.1.4]; 5. [′III.′3.1.4]; pour la rockallite : 6. [II(III).3.1.′5].

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2	70,48	68,61	59,18	63,26	67,38	68,04
Al^2O^3	8,84	9,24	9,21	5,24	4,71	5,78
Fe^2O^3	5,91	6,91	8,86	14,68	14,39	13,19
FeO	2,53	3,42	5,95	4,81	1,51	1,02
MgO	0,39	0,18	0,76	0,07	0,08	0,11
CaO	0,46	0,22	2,22	0,90	1,38	0,56
Na^2O	4,29	5,62	7,33	6,17	6,06	7,56
K^2O	4,75	4,29	3,97	2,62	2,30	0,84
TiO^2	0,27	0,41	1,17	0,81	0,70	0,82
P^2O^5	0,05	0,04	0,31	0,17	0,05	0,12
$H^2O(+)$	0,82	0,24	0,71	0,53	0,33	0,89
» (−)	0,11	0,34	0,20	0,25	0,20	0,20
ZrO^2	0,82	0,56	»	0,46	0,86	0,66
Terres cériques et yttriques	0,27	0,16	»	0,12	0,16	0,38
MnO	»	0,11	»	0,17	0,18	0,07
	99,99	100,35	99,87	100,26	100,29	100,29 (¹)

On voit que les portions les plus potassiques sont en même temps les moins ferrugineuses et par conséquent les moins riches en ægyrine, la teneur en albite suit une marche inverse, sans que pour cela il y ait une rigoureuse proportionnalité entre la richesse en métasilicates sodiques et en albite.

Jusqu'ici, la rockallite occupait une place isolée dans la systématique, mais, au cours de mes recherches, j'ai, depuis quelques années, trouvé plusieurs autres granites qui lui sont comparables par leur richesse en soude et je me propose ici de discuter si, au point de vue génétique, ils sont susceptibles d'être expliqués d'une semblable façon.

J'ai découvert dans les calcaires liasiques de la région d'Ampasibitika, au nord-ouest de Madagascar, une riche série de dykes de granites à riebeckite et ægyrine (²), souvent mésocrates. Les uns ont une structure normale ou sont pegmatiques, à très grands éléments, beaucoup d'autres ont une texture rubanée; ces derniers sont parfois constitués, au centre, par une pegmatite à très grands cristaux de riebeckite et, sur les bords, par un granite à grain fin ou à grain moyen ne contenant, en fait de minéraux

(¹) NiO 0,05.

(²) Cf. pour leur description : *Minéralogie de Madagascar*, t. 2, p. 580-597.

colorés, que de l'ægyrine dont les grains moulent quartz et feldspaths; dans d'autres cas, la roche est à grain uniformément fin et formée par des bandes alternatives, non plus rigoureusement parallèles aux épontes, comme dans les dykes précédents, mais se développant en lignes sinueuses; ces bandes sont tantôt blanches et alors essentiellement quartzeuses et feldspathiques, tantôt vertes par suite d'une grande richesse en cristaux aciculaires d'ægyrine, avec, çà et là, des portions d'un bleu sombre, colorées par des grains irréguliers de riebeckite. Ces portions mésocrates renferment en abondance des cristaux d'une eucolite cérifère qui, au lieu de se transformer en elpidite, comme dans la rockallite, sont pseudomorphisés en un mélange de zircon et de quartz. Les analyses 7 à 11 donnent la composition de ces diverses bandes : 7 (aplite riche en zircon). [I.4'.1.3]; 8. [(11) (3)4.1.3] (Pisani); 9. [I (II).(3)4.1.4(5)]; 10. [I'.3.1'.4']; 11. [II'.(3) (4).1.'5)]. Ici encore on voit que les types les plus ferrifères, c'est-à-dire les plus riches en ægyrine, sont les plus albitiques.

Les mêmes particularités se trouvent en Corse; le granite à riebeckite d'Ota est traversé par des filons minces d'un granite à riebeckite, à grain très fin, renfermant des traînées dont le métasilicate est de l'ægyrine et le feldspath de l'albite; les analyses 12 et 13 montrent les relations chimiques mutuelles de ces deux modalités : 12 (portion à microcline et riebeckite) [II.3'.1.3]; 13 (portion à albite et ægyrine) ['II.(3)4.1.(4) (5)].

J'ai rencontré encore un fait du même ordre à San Peter's Dome, dans le Colorado, mais là il s'agit de roches pauvres en minéraux colorés, au moins pour le type persodique; une pegmatite à très grands cristaux de riebeckite renferme des portions aplitiques dont le feldspath est l'albite en lames aplaties suivant g^1, si bien orientées parallèlement et si minces qu'elles donnent à la roche un aspect phonolitique; je n'ai pu faire analyser la pegmatite, qui est à trop grands éléments, mais l'abondance du microcline ne laisse pas de doutes sur sa richesse en potasse, alors que l'aplite est aussi persodique que la rockallite [14, I.3.1'.5].

J'ai dit plus haut qu'en gros, à Rockall, à Madagascar et à Ota, dans ces granites à ægyrine ou riebeckite, l'enrichissement en albite est accompagné d'une teneur élevée en métasilicates; cette relation n'est pas nécessaire dans ce groupe de roches, ainsi que le montrent les analyses 15 et 16 faites sur des granites très hétérogènes de Lindinosa en Corse : la riebeckite y existe en proportions très inégales : l'analyse 15 représente un type [I (II).3(4).1.3'] dans lequel elle est peu abondante; l'analyse 16, au contraire, un type

(*lindinosite*) surtout constitué par de la riebeckite ([1]) [III.3.1.'2], et l'on constate que dans celui-là (facies de variation ou filon distinct), la teneur en potasse est peu différente de celle de la roche surtout feldspathique.

	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
SiO^2	69,30	70,85	70,80	70,97	68,00	75,32	73,33	77,31	75,76	61,72
Al^2O^3	15,02	9,97	8,17	8,88	7,74	9,32	10,25	13,09	10,19	4,21
Fe^2O^3	0,74	5,00	8,91	8,65	8,18	3,84	6,32	1,56	2,27	13,94
FeO	0,52	1,17	1,21	0,83	0,66	1,14	1,01	1,71	3,49	9,83
MgO	1,14	0,25	0,07	0,07	0,93	0,38	0,21	0,11	0,14	0,28
CaO	»	»	0,58	0,66	1,90	0,68	0,84	0,52	0,49	0,48
Na^2O	4,20	3,98	4,55	6,17	7,47	4,16	6,92	5,42	3,72	4,54
K^2O	6,60	4,68	3,91	1,86	0,94	4,61	1,11	0,43	3,95	3,23
TiO^2	»	0,06	0,26	0,25	0,41	»	»	»	»	0,69
P^2O^5	»	»	»	»	»	0,04	»	»	0,17	0,07
H^2O (+)	0,71	0,50	0,75	0,75	0,43	»	0,14	»	0,04	0,69
» (—)		»	»	0,05	0,28	0,12	0,02	»	»	0,13
Ce^2O^3	»	3,48	0,22	0,15	0,68	»	»	»	»	»
ZrO^2	2,27		0,69	0,59	2,32	»	»	»	»	»
MnO	»	0,12	0,11	0,13	0,37	0,23	0,13	»	»	0,21
	100,50	100,06	100,23	100,00	100,29	99,84	100,26	100,15	100,22	100,02

J'ai rencontré aussi des accidents persodiques dans des granites dépourvus de métasilicates ferrugineux. L'un est fréquent dans la Basse Bretagne, notamment aux environs de Nantes; l'exemple choisi provient d'Orvault; le granite à deux micas y renferme des veines de pegmatite à tourmaline noire, béryl, muscovite, renfermant, çà et là, des aiguilles de tourmaline lithique bleue ou rose; le feldspath dominant est le microcline. Cette pegmatite passe localement à une aplite, essentiellement albitique, avec une structure semblable à celle signalée plus haut à San Peter's Dome; elle contient en outre quelques cristaux d'apatite verte et des trapézoèdres de grenat almandin rosé. L'analyse 17 du granite [I.'4.1(2).3] et celle, 18, de la pegmatite [I'.4.1(2).(3)4] montrent que la composition de ces deux roches est sensiblement la même, les teneurs respectives en potasse et soude

([1]) Il faut noter que le dernier paramètre de la formule exprimant le rapport de la potasse à la soude, est basé non sur la teneur globale de la roche en alcalis, mais sur la portion de ceux-ci entrant dans la constitution des feldspaths; ainsi s'explique les valeurs différentes de ce rapport dans les analyses 16 et 17 malgré leurs teneurs sensiblement identiques en soude et en potasse; dans 16, la plus grande partie de la soude entre dans la constitution de la riebeckite, et le feldspath est très potassique; dans 17, tous les alcalis sont feldspathisés, à l'exception d'un peu de potasse entrant dans la constitution des micas.

étant seulement renversées. Quant à l'aplite [analyse 19, I.4.1.5], elle est persodique.

Enfin, dans le Limousin, le granite à deux micas de la région d'Ambazac (Chédeville) contient, lui aussi, des pegmatites à minéraux, que borde parfois un granite riche en lépidolite contenant de la topaze. Au milieu de ce dernier, se trouvent des traînées aplitiques ne renfermant que très peu de lépidolite et dont le feldspath est l'albite. On retrouve dans les analyses 20 à 22 une série chimiquement comparable à la précédente. 20, granite à deux micas [I.3(4).(1)2.3]; 21, granite à lépidolite [I(II)(4)5.1(2).3]. 22, aplite albitique [I(II).(4)(5).1.4(5)].

	17.	18.	19.	20.	21.	22.
SiO^2	72,48	72,92	72,28	72,16	65,38	67,68
Al^2O^3	12,88	13,20	14,16	15,32	19,00	19,01
Fe^2O^3	0,72	1,41	1,56	0,57	0,22	0,11
FeO	1,67	0,51	0,78	1,41	0,47	0,57
MgO	0,42	0,28	0,32	0,54	0,14	0,16
CaO	2,64	1,92	1,78	1,34	1,32	1,12
Na^2O	4,41	3,63	7,61	2,94	4,39	7,29
K^2O	3,65	4,99	0,74	4,22	5,75	1,98
TiO^2	»	0,11	»	tr.	»	»
P^2O^5	0,41	0,59	0,63	0,33	0,42	0,61
H^2O (+)	0,53	0,32	0,07	0,95	0,34	0,72
» (−)	0,03	»	0,30	0,11	»	»
P^2O^5	»	0,51	»	»	»	»
F	0,28	0,21	»	»	1,14	0,47
Li^2O	»	»	»	0,16	1,68	0,56
MnO	»	»	»	»	0,37	0,23
	100,12	100,49	100,23	100,05	100,62	100,51

En résumé, on voit que dans toutes les roches qui viennent d'être passées en revue, qu'il s'agisse de types apparaissant dans des granites à riebeckite ou à ægyrine riches en fer, ou au contraire dans des granites à deux micas, pauvres en fer et dépourvus de métasilicates alcalins, ces roches essentiellement albitiques, et par suite très sodiques et peu potassiques, ne jouent pas de rôle géologique distinct; elles résultent d'une différenciation effectuée, en place, dans le magma granitique au moment de sa cristallisation. Ce sont de simples *facies de variation* se présentant sous forme d'enclaves, de veines ou de traînées; ils ont un grand intérêt théorique, mais une minuscule importance comme masse.

Il serait intéressant de rechercher des productions de ce genre dans les roches

alcolines dépourvues de quartz, dans les syénites et dans les syénites néphéliniques. Pour ces dernières, il existe un cas qui doit être rappelé, celui de la *mariupolite* de Crimée, décrite par M. Morozewicz [1]; c'est une roche blanche à grain fin, à aspect saccharoïde, essentiellement constituée par de l'albite et de la néphéline avec de l'ægyrine et un minéral spécial, la beckelite. Dans une collection que je dois à mon savant collègue, se trouvent, en outre, des syénites riches en microcline et qui, par conséquent, doivent être très nettement potassiques, tandis que la mariupolite renferme 11,77 pour 100 de soude et seulement 0,79 de potasse. Minéralogiquement, les relations de ces deux roches sont celles de l'aplite et de la pegmatite d'Orvault; il y aurait intérêt à préciser leurs relations mutuelles.

M. **Vito Volterra** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Commemorazione di Luigi Pasteur. Discorsi dei soci V. Volterra, G. Pano, F. Bottazzi, E. Marchiafava.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

H. Vignes. *Physiologie obstétricale normale et pathologique.* (Présenté par M. E. Roux.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions indéfiniment dérivables.* Note de M. **Torsten Carleman**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$ une suite de nombres positifs. Nous dirons qu'une fonction $f(x)$ indéfiniment dérivable dans l'intervalle (a, b) appartient à la classe C_A, associée à cette suite, s'il existe un nombre k tel que l'on ait

$$|f^{(\nu)}(x)| < k^\nu A_\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots).$$

D'après la définition de M. Borel, la classe C_A sera dite *quasi analytique* si

(1) *Tschermak's min. et petr. Mitt.*, t. 21, 1902, p. 241.

chaque fonction qui lui appartient est complètement déterminée par la connaissance de $f(x)$ et de toutes ses dérivées en un seul point de (a, b). En vertu d'un théorème de M. Denjoy, on sait que la divergence de la série

$$\sum \frac{1}{\sqrt[\nu]{A_\nu}}$$

suffit pour assurer la quasi-analyticité de C_A.

En considérant une question analogue concernant les séries asymptotiques, je suis arrivé au résultat suivant :

Pour que C_A soit quasi analytique, il faut et il suffit que l'intégrale

$$\int_1^\infty \frac{\log\left[\sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{r^{2\nu}}{A_\nu^2}\right]}{r^2} dr$$

diverge (¹).

Soit $u_1, u_2, \ldots, u_\nu \ldots$ une suite de nombres positifs. Posons

$$u'_n = \text{borne sup. de l'ensemble } u_n, u_{n+1}, u_{n+2}, \ldots.$$

Nous dirons que $\Sigma u'_\nu$ est la plus petite majorante non croissante de Σu_ν.

Le critère ci-dessus peut être transformé de manière que l'on obtienne l'énoncé plus simple que voici :

La condition nécessaire et suffisante pour la quasi-analyticité de C_A est que la plus petite majorante non croissante de la série

$$\sum \frac{1}{\sqrt[\nu]{A_\nu}}$$

soit divergente.

Citons le corollaire suivant :

Le problème des moments

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^\nu \, d\psi(x) = C_\nu \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots)$$

est déterminé si

$$\int_1^\infty \frac{\log\left[\sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{r^{4\nu}}{C_{2\nu}^2}\right]}{r^2} dr$$

(¹) Si la série entre crochets n'est pas une fonction entière, nous considérons l'intégrale comme divergente.

diverge ou, ce qui revient au même, si la plus petite majorante non croissante de la série

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[2\nu]{C_{2\nu}}}$$

est divergente.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Études sur la répartition de l'énergie dans les spectres stellaires, faites à l'Observatoire du Pic du Midi en* 1920 *et* 1921. Note [1] de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

La connaissance de la répartition de l'énergie dans les spectres stellaires serait une donnée fondamentale dans les études de physique cosmique; on ne la possède dans ses détails que pour le Soleil qui envoie assez de lumière pour que les différentes régions de son spectre puissent agir sur les appareils récepteurs thermiques. La plaque photographique peut conduire au même résultat par la comparaison du spectre stellaire à celui du corps noir; je me suis proposé dans ce travail de l'appliquer à l'étude des étoiles des types A et B.

Les précautions particulières que j'ai cherché à réaliser sont les suivantes : faire les observations stellaires dans une station où l'absorption atmosphérique soit assez faible et assez régulière pour qu'il soit possible d'en tenir compte. Observer les étoiles et le corps noir avec le même système optique, ou tout au moins en n'apportant au système que des modifications dont on puisse mesurer l'effet sur l'intensité des diverses radiations; employer une méthode de photométrie photographique qui utilise le moins possible les lois des actions photographiques, trop incertaines.

J'ai fait mes observations au Pic du Midi en 1921 à 2870^{m} d'altitude, par des ciels très purs. J'ai employé comme méthode de photométrie photographique, la méthode de l'échelle de teintes. Les deux sources lumineuses impressionnent la plaque avec la même durée de pose; l'une d'elles forme une série de spectres avec des éclairements en progression géométrique. On interpole pour chaque longueur d'onde l'éclairement produit par la source étudiée entre ceux des spectres formant l'échelle de teintes. Je me suis astreint à impressionner tous les spectres d'une même plaque, non pas seulement avec la même durée de pose, mais, à cause de l'instabilité de

---

[1] Séance du 6 août 1923.

l'image latente, simultanément. Cette simultanéité, qui complique singulièrement les dispositifs expérimentaux, est particulièrement nécessaire dans les recherches astronomiques où la plaque photographique peut être d'un moment à l'autre dans des états hygrométriques et calorifiques très variables.

L'appareil spectral était une chambre à prisme, formée d'un prisme de spath de 6^{cm} d'arête et d'un objectif de quartz de 85^{cm} de longueur focale moyenne; le faisceau stellaire tombe directement sur le prisme. Cette combinaison donne sur une plaque plane un spectre de 8^{cm} de long, bien au point, de $\lambda 650$ à $\lambda 300$, sans dédoublement appréciable des raies. Le spectre stellaire était comparé directement à une lampe étalon qui devait être rapportée ultérieurement au corps noir. Le faisceau lumineux venant de la lampe était rendu achromatique et parallèle, comme celui de l'étoile, par un collimateur à miroir non argenté. Une glace de verre mince à faces parallèles placée en avant du prisme, et traversée par les rayons stellaires, réfléchissait dans le prisme le faisceau venant du collimateur. Un viseur recevant la lumière réfléchie par la face d'entrée du prisme permettait de juxtaposer exactement les deux spectres. La fente du collimateur était une fente en échelons de 5 largeurs différentes, dans les rapports extrêmes, de 1 à 20. La lampe donnait donc simultanément 5 spectres formant l'échelle de teintes.

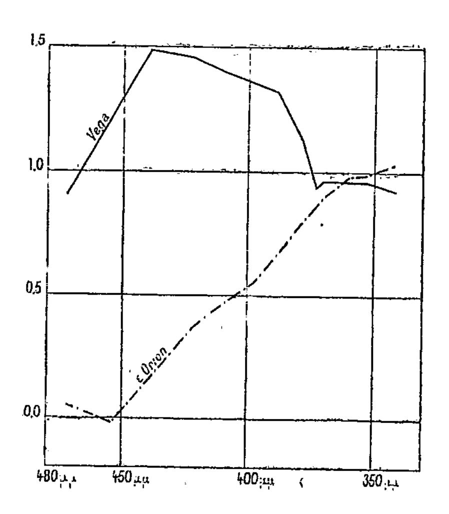
La source étalon était une lampe électrique à filament rectiligne; son régime était maintenu constant par le système de réglage de Ch. Fabry. L'image du filament était projetée sur la fente par une lentille de quartz non achromatique. En mettant au point sur la fente les radiations de très courtes longueurs d'onde, le faisceau pénétrant dans le collimateur était plus riche en radiations de courtes longueurs d'onde que le faisceau original. Quoique la lampe fût très modérément poussée, son spectre était comparable à celui de l'arc.

Un mouvement de va-et-vient d'une vitesse très uniforme était donné à l'instrument à l'aide du moteur électrique de rappel pour donner au spectre stellaire une largeur de $0^{mm},6$. Ce spectre était donc impressionné d'une manière discontinue. Le spectre de la lampe était, lui aussi, impressionné d'une manière discontinue avec la même périodicité et la même durée, grâce à un obturateur placé devant la fente et commandé par un distributeur électrique.

Avec ce dispositif, j'ai pu obtenir en octobre 1921 les spectres de α Lyre,

α Aigle, α Cygne, α P[t] Chien, ε Orion, γ Orion, β Orion, α Andromède, γ Cassiopée. L'instrument a été ensuite ramené à Paris pour la comparaison du spectre de la lampe à celui du corps noir.

La chambre à prisme, le collimateur et la lampe étalon ont été installés en laboratoire dans les mêmes positions relatives qu'ils avaient au Pic. A la place du faisceau lumineux stellaire, j'ai envoyé sur le prisme par un collimateur à miroir non argenté la lumière du cratère positif d'un arc au charbon. L'image du cratère était projetée sur la fente à l'aide d'un miroir, toujours en verre non argenté. J'ai admis que la lumière du cratère était semblable à celle du corps noir à 3750° absolus, et j'ai tenu compte par la formule de Fresnel de la modification apportée à la composition du faisceau par les réflexions successives qu'il subissait.



Les images des spectres ont été mesurées plotométriquement à l'aide de mon opacimètre par petits éléments ayant $0^{mm},05$ de large choisis en des régions dépourvues de raies appréciables, et dans l'axe des raies de la séries de Balmer. Les détails des expériences et les résultats seront donnés dans une autre publication. La figure ci-dessus, provisoire, montre la distribution de l'énergie dans les spectres de Vega du type A et de ε Orion du type B, les longeurs d'onde sont en abscisses; les logarithmes des intensités énergétiques en ordonnées.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie de la polarisation rotatoire.*
Note (¹) de M. R. DE MALLEMANN, transmise par M. Brillouin.

Dans une Note antérieure (²) nous avons montré comment la théorie de l'orientation moléculaire pouvait interpréter d'une manière simple les phénomènes présentés par les milieux optiquement *actifs*, tels que la polarisation rotatoire et la biréfringence électromagnétique.

Nous avions toutefois conservé dans nos équations le terme rotationnel, proportionnel au curl du champ électrique, proposé par Drude, mais en le généralisant par l'introduction de coefficients anisotropes.

Un terme de ce genre, même plus ou moins modifié, donne à la théorie une allure de cercle vicieux, son introduction ne pouvant se justifier que par des hypothèses spéciales sur la structure de l'atome, qui sont assez arbitraires, donc peu satisfaisantes.

Nous nous proposons d'indiquer ici qu'il est possible d'arriver aux résultats rappelés plus haut, à partir des formules ordinaires de la dispersion, sans faire intervenir dans les équations *aucun* terme spécial.

En particulier, la polarisation rotatoire s'interprète d'une manière tout à fait rationnelle, *sans nouvelle hypothèse*, à partir de la seule notion d'*asymétrie moléculaire*, qui peut être considérée comme un fait d'expérience.

Nous prendrons, comme précédemment un point *fixe* O, au centre d'un petit volume délimité dans le milieu actif et nous mènerons par ce point O un système d'axes *fixes* $Oxyz$, liés au plan d'onde, et un système d'axes $Ox'y'z'$ d'orientation variable, respectivement parallèles aux axes correspondants d'un trièdre trirectangle $O'x'_e y'_e z'_e$, *invariablement* lié à chaque molécule individuelle.

Nous écrirons les équations du mouvement d'un électron quelconque, par rapport aux axes $Ox'y'z'$ sous la forme

$$m\frac{d^2u}{dt^2}+c_{11}u+c_{12}v+c_{13}w=eh'_x, \tag{1}$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$

l'expression des forces quasi élastiques de rappel contenant en général *neuf*

(¹) Séance du 23 juillet 1923.
(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 151.

coefficients distincts, qui dépendent *a priori* des axes moléculaires choisis, mais entre lesquels existent au moins trois relations d'invariance [1].

Le champ électrique intérieur $\overrightarrow{h'}$ n'est pas rigoureusement le même dans tout le petit volume considéré; il varie un peu d'un électron à l'autre, en raison du *déphasage* qui existe du fait même de la propagation de l'onde.

Si nous appelons h'_{0x}, h'_{0y}, h'_{0z} les valeurs du champ au point fixe O, nous pourrons nous limiter aux accroissements du *premier ordre* et remplacer respectivement h'_x, ... par des expressions de la forme

$$h_{0x} + \sum x'\left(\frac{\partial h'_{x'}}{\partial x'}\right)_0 \cdots$$

Nous formerons les composantes de la polarisation diélectrique $\overrightarrow{a}$, sur les axes fixes $Oxyz$, en considérant d'abord le nombre dN de molécules ayant, à un instant déterminé, la même orientation.

Les centres O′ de ces dN molécules se trouvant, au même instant, à des distances différentes du point fixe O, nous aurons à remplacer x' par $\xi + x'_e$, ..., dans tous les termes de la forme $\Sigma A_u x'$, ..., ξ, η, ζ désignant les coordonnées variables de l'origine moléculaire O′ par rapport à O [2].

Mais le fluide étant *homogène*, en moyenne, la distribution la plus probable des molécules *de même orientation* est encore la distribution uniforme autour du point O; il en résulte que dans les expressions

$$\Sigma_1^{dN}(\xi_k \Sigma A_u) + dN \Sigma A_u x'_e,$$

les premiers termes sont nuls, *en moyenne;* leur valeur, à chaque instant, définirait les *fluctuations* du pouvoir rotatoire, inaccessibles à nos procédés actuels de mesure.

En effectuant ensuite les intégrations pour toutes les orientations possibles, on est conduit à l'expression suivante du pouvoir rotatoire d'un fluide *isotrope :*

$$\rho = \frac{8\pi^3}{\lambda^2}\frac{Ne^2}{3}\frac{\Sigma[x'_e(C_v - B_w) + y'_e(A_w - C_u) + z'_e(B_u - A_v)]}{\left[1 - \frac{4\pi Ne^2}{9}\Sigma(A_u + B_v + C_w)\right]^2},$$

---

[1] Ces *neuf* coefficients sont en général distincts $c_{ij} \neq - c_{ij}$, car un groupe d'atomes et d'électrons ne peut être assimilé à un milieu cristallin, et il n'y a rien ici d'analogue à une déformation *homogène*.

[2] Nous désignons par les lettres A_u, B_u, ..., A_v, ... les rapports des neuf mineurs du déterminant de (1) (déterminant des fréquences propres), à la valeur de ce déterminant, et par θ, φ, ψ les angles d'Euler qui fixent la correspondance des trièdres $Oxyz$, $Ox'y'z'$,

expression analogue à celle que nous avons obtenue précédemment, mais avec des coefficients ayant ici un sens physique bien déterminé.

On voit que le pouvoir rotatoire du milieu existe précisément, en tant que les liaisons de la structure moléculaire s'écartent des conditions de l'égalité symétrique : $C_v = B_w, \ldots$ (1).

Considérons encore le cas de la biréfringence électrique produite par un champ constant $\mathcal{H}$, dirigé par exemple suivant OZ, l'onde se propageant dans la direction OX. La composante a_y de la polarisation diélectrique suivant OY serait

$$a_y = N\pi e^2 \Big\{ (\mathfrak{J}_3 + \mathfrak{J}_2)\Sigma A_u + (\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{J}_2)\Sigma B_v + (\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{J}_3)\Sigma C_w \\ + ik[(\mathfrak{J}_2 \Sigma C_v x'_e - \mathfrak{J}_3 \Sigma B_w x'_e) + (\mathfrak{J}_1 \Sigma A_w y'_e - \mathfrak{J}_2 \Sigma C_u y'_e) \\ + (\mathfrak{J}_3 \Sigma B_u z'_e - \mathfrak{J}_1 \Sigma A_v z'_e)] \Big\}$$

et une expression analogue pour a_z, mais avec des coefficients $\mathfrak{J}_k$ permutés, d'où propagation de vibrations privilégiées *elliptiques*.

$\mathfrak{J}_1$, $\mathfrak{J}_2$, $\mathfrak{J}_3$ désignent ici des intégrales de la forme (2)

$$\mathfrak{J} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} C e^{\frac{1}{rT}\left\{ \mu \mathcal{H} \cos\theta + \frac{1}{2}\mathcal{H}^2 [(\sigma'' - \sigma)\cos^2\theta + (\sigma' - \sigma)\sin^2\theta\cos^2\varphi] \right\}} \sin^p\theta \cos^q\theta \sin^r\varphi \cos^s\varphi \, d\theta \, d\varphi$$

$$(p = 1 \text{ ou } 3, \ q, r, s = 0 \text{ ou } 2).$$

Dans ce cas, le « pouvoir rotatoire » du milieu serait encore *défini* par une relation analogue à celle de Gouy, mais il serait, en général, *anisotrope*,

---

(1) L'expression de ρ peut s'écrire d'une manière simplifiée, en posant

$$\xi = \frac{\Sigma x'_e (C_v - B_w)}{\Sigma (C_v - B_w)}, \qquad \eta = \ldots :$$

ξ, η, ζ sont ainsi les coordonnées d'un point qu'on pourrait appeler le « centre d'asymétrie » de la molécule, par rapport au point O', pour la fréquence ω.

On peut d'ailleurs montrer que tous les Σ de mineurs *transversaux*, figurant dans l'expression de ρ, sont *nuls* quand la molécule possède des éléments de symétrie.

(2) La biréfringence dépend uniquement des mineurs *diagonaux*, la rotation des mineurs *transversaux*. Nous introduisons dans l'expression de l'énergie potentielle d'orientation le moment électrique *permanent* qu'une molécule *dissymétrique* doit nécessairement posséder (le centre d'inertie des électrons ne pouvant, dans ce cas, coïncider, en général, avec le centre d'inertie des atomes ou noyaux positifs). On remarquera que si la direction du moment permanent μ définie par l'asymétrie *statique* de la molécule ne coïncide pas avec la direction de plus facile polarisation induite, l'énergie d'orientation peut devenir relativement petite : d'où la conséquence qu'un corps actif pourra être moins biréfringent qu'un corps analogue de structure certainement plus symétrique. Ce serait, par exemple, le cas de la térébenthine par rapport à la benzine.

le terme $4\rho^2$ n'ayant sa valeur ordinaire que pour les très faibles orientations, c'est-à-dire dans les champs pratiquement réalisables par nos moyens actuels.

On étendrait, sans difficulté, la théorie aux phénomènes connexes, comme la biréfringence et la polarisation rotatoire magnétique des corps actifs.

ENTOMOLOGIE. — *Rectification à propos des nids d'*Eutermes. Note ([1]) de M. J. **Bathellier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une précédente Note ([2]) j'ai décrit comme appartenant à l'*Eutermes matangensis* Haviland une série de meules à champignons trouvées assez régulièrement au pied de galeries verticales descendant du nid de celui-ci et construites en carton de bois.

J'ai retrouvé ces mêmes meules, placées dans des chambres identiques, dans le sol de la plantation de l'Institut Pasteur de Nhatrang, à Sui-Dau, en février 1923. Ici elles n'avaient aucun rapport avec les conduits d'*Eutermes matangensis*. La termitière qui les contenait était vaste et bien développée; elle avait une population bien caractérisée et je pus ainsi me convaincre que ces meules étaient l'œuvre d'un insecte que M. le professeur Bugnion a obligeamment déterminé comme *Microtermes incertus* Hav.

Rentré à Saïgon, je comparai aux meules nouvelles les meules anciennes récoltées en mai 1922. Je les trouvai identiques. Les insectes recueillis en même temps que celles-ci étaient la cause de mon erreur : il n'y avait pas là de soldats, mais seulement de jeunes ouvriers. Ceux-ci étant non chitinisés, blanchâtres et de caractères spécifiques peu marqués, je les avais pris pour des larves d'*Eutermes matangensis*. Il faut noter aussi qu'ils étaient accompagnés de larves plus petites, formant avec eux une série complète. Ajoutons encore que les Termites d'espèces différentes placés dans une même boîte se battent en général terriblement; ceux-ci au contraire supportaient très bien la promiscuité avec *Eutermes matangensis* et aucun combat ne s'ensuivait. Ce *Microtermes* me paraît rechercher le voisinage des galeries souterraines d'*Eutermes matangensis*. Le 18 avril 1923, j'en ai retrouvé un nid au Jardin botanique de Saïgon sous un poteau fortement attaqué par l'*Eutermes*. Celui-ci avait poussé ses galeries dans la terre sous le poteau et l'on passait sans démarcation apparente des tunnels de l'un à ceux de l'autre. Ici encore

([1]) Séance du 6 août 1923.

([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 129.

le *Microtermes* (*incertus*) ne montrait que des ouvriers blanchâtres peu chitinisés. Appliquant à la recherche une attention mise en éveil par la connaissance de l'erreur précédente, je ne pus cependant trouver dans cette jeune termitière que quatre soldats. Ils n'étaient d'ailleurs chitinisés sérieusement que sur leurs mandibules. J'ai trouvé aussi assez souvent ce *Microtermes* dans la paroi des grandes constructions édifiées par le *Macrotermes gilvus* Hagen. Il s'établirait donc volontiers au voisinage de formes de Termites différentes.

L'argument que j'avais cru apporter en faveur de l'existence des meules d'*Eutermes matangensis* se trouve donc controuvé et la question reste ouverte.

On peut se demander quel est le rôle des galeries construites qui mettent en relation le nid d'*Eutermes matangensis* avec le sol. En général, ces galeries se terminent au-dessous du niveau du terrain par une sorte de placard de carton de bois appliqué sur le support. Celui-ci forme vestibule et il en part un certain nombre de galeries irrégulières qui s'enfoncent dans la terre. Ce sont ces dernières que j'ai trouvées en rapport avec les galeries et les chambres soigneusement polies du *Microtermes*.

Je crois que le premier système de canaux est destiné à procurer de l'humidité aux *Eutermes*. J'ai gardé plusieurs fois en captivité ces insectes avec portions notables de leur nid. Je les ai toujours vu édifier des conduits aboutissant aux points où les insectes défilaient pour chercher de l'eau (brique ou mortier mouillé par exemple). Le cas des insectes conservés dans une caisse de zinc est très instructif. J'avais placé une partie considérable d'un nid dans une telle caisse qui reposait sur deux briques placées elles-mêmes dans un bassin plat rempli d'eau. Les Termites édifièrent de chaque côté de la caisse un tunnel de carton de bois. Ceux-ci montaient d'abord à l'intérieur de la caisse, redescendaient à l'extérieur, passaient sous la caisse et atteignaient chacun une brique le long de laquelle ils descendaient. Durant les premiers jours on pouvait voir au contact même de l'eau un grand nombre d'ouvriers et de soldats qui humaient le fluide imbibant la brique par capillarité. Dans la suite je ne pus les voir qu'imparfaitement car ils édifièrent là un large placard de carton de bois tout à fait semblable à celui qui termine dans la nature les galeries édifiées dans le sol.

D'autre part, on peut observer dans le cas d'un nid occupant une certaine étendue que les galeries verticales de l'*Eutermes matangensis* s'enfoncent de préférence aux points où la terre est plus humide. Ainsi leur signification me semble nette.

ENTOMOLOGIE. — *Remarques sur la Note de* M. BATHELLIER.
Note (¹) de M. E. BUGNION, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les Termites champignonnistes (soldats et ouvriers) qui m'ont été remis par J. Bathellier répondent exactement à la description du *Termes incertus* qui a été publiée par Haviland d'après des sujets provenant de l'Afrique australe (Natal et Mozambique) (²). Il faudrait cependant, pour déterminer ces insectes d'une façon plus rigoureuse, examiner également des sexués et vérifier notamment si l'antenne de l'imago a bien 16 articles, ainsi que l'indique le texte de Haviland, le nombre des articles antennaires de l'imago pouvant, suivant les espèces, varier de 15 à 18. Le nom *incertus* a été introduit déjà par Hagen (³), mais la description de cet auteur se rapporte seulement à une reine sans aucun détail relatif aux autres castes. Le genre *Microtermes* a été créé ultérieurement par Wasmann (⁴). L'erreur qu'a faite J. Bathellier au début de son étude en attribuant à l'*Eutermes matangensis* des meules édifiées par des *Microtermes* s'explique d'ailleurs très bien par les mœurs très particulières de ces Termites. Il est établi en effet que les *Microtermes* s'installent dans les nids d'autres Termites, y creusent des cavités et y édifient leurs jardins de champignons.

PROTISTOLOGIE. — *Sur les Sporozoaires des Tuniciers.*
Note (⁵) de MM. O. DUBOSCQ et H. HARANT.

Hartmeyer, dans les *Tunicata* du Bronn's Thierreich, énumère les Sporozoaires connus dans les Tuniciers jusqu'en 1908. Pour mettre sa liste à jour, il suffit, croyons-nous, d'y ajouter la *Merogregarina amaroucii* Porter d'un *Amaroucium* et la *Selysina perforans* Dub. de *Stolonica socialis* Hartm.

(¹) Séance du 6 août 1923.

(²) Voir HAVILAND, *Observations on Termites* (*Journ. Linn. Soc. of London*, vol. 26, 1898, p. 388).

(³) *Monogr. der Termiten*, 1830, p. 130.

(⁴) *Termiten, Termitophilen und Myrmekophilen ges. auf Ceylon von Dr W. Horn*, Iena, 1902, p. 115.

(⁵) Séance du 6 août 1923.

Cependant ceux qui ont étudié les Tuniciers savent qu'on est loin d'avoir décrit tous leurs Sporozoaires, dont la plupart paraissent être des Grégarines des genres *Lankesteria* ou *Merogregarina*. Comme ce n'est pas les définir que d'indiquer seulement l'hôte où on les trouve, pour leur donner un nom d'espèce sans avoir vu les kystes et les spores, il faut pouvoir les reconnaître par quelque particularité. Nous nous bornerons donc à signaler la présence de Monocystidées courtes et trapues du type *Lankesteria amaroucii* Giard non seulement dans divers *Amaroucium*, et par exemple dans *A. nordmanni*, mais encore dans *Sydnium turbinatum*, *Aplidium zostericola*, *Morchellium Argus*, *Polysyncraton Lacazei*, *Leptoclinum listerianum*. La petite Grégarine des *Ascidiella aspersa* Müll. se rattache à ce type. Elle s'en distingue par la proéminence de son rostre, très allongé surtout quand la grégarine se contracte. On ne peut guère douter qu'il s'agisse d'une espèce particulière et nous l'appellerons *Lankesteria ascidiellæ* n. sp.

D'une manière générale, plus l'hôte est grand, c'est-à-dire plus est large la cavité intestinale, plus grandes aussi sont les Grégarines qui, en même temps, sont plus élancées. On rencontre ainsi des Monocystidées du type *Lankesteria ascidiæ* Ray Lank., dans les *Phallusia*, les *Pandocia* (*P. pomaria* et *P. rustica*), les *Styela* et dans *Dendrodoa grossularia*. Parmi ces formes allongées, la Grégarine intestinale de la *Phallusia mentula* Mull. est facilement reconnaissable. Nous la nommerons *Lankesteria Siedlickii* n. sp. A l'état de trophozoïte, elle atteint 170^{μ}. Son extrémité antérieure, hyaline, proémine, dans l'extension, en gros rostre conique, très contractile, qui s'incline à droite ou à gauche. Un canal axial débouche à son sommet où viennent converger de courtes fibres. En se rétractant le rostre devient une ventouse avec dix ou douze épaississements radiaires.

Chez *Parascidia elegans* Giard, où il existe sans doute deux espèces, nous trouvons une Monocystidée d'un autre type que nous désignerons provisoirement sous le nom de *Lankesteria parascidiæ* n. sp. La plupart des stades sont presque régulièrement cylindriques, n'étant atténuées qu'aux extrémités antérieure et postérieure.

Cette grégarine a un mouvement lent de glissement, sans déformations, qu'elle doit à des myonèmes transversaux serrés, bien visibles sur le vivant, sauf dans la région antérieure, où ils paraissent manquer.

Les *Parascidia* de Roscoff ont des parasites si divers, qu'elles ne sont certes pas le matériel de choix pour l'étude du cycle des Grégarines des Tuniciers. En plus des Monocystidées intestinales, on trouve d'abord dans

certains globules du sang, des sporozoïtes ou jeunes sporozoaires arqués, puis, dans le tissu conjonctif et, en particulier, au voisinage de l'estomac et des organes génitaux, de nombreuses spores monozoïques, très analogues à celles de la *Selysina perforans* de *Stolonica*. Elles sont seulement un peu plus petites, mesurant en moyenne 12^{μ} avec un sporozoïte de 10 à 11^{μ}. Certaines de ces spores sont isolées. La plupart sont réunies en nombre variable de 2 à 7 dans un kyste commun. On trouve aussi des couples de petites spores, de taille moitié moindre que les précédentes. Ces microspores, à sporozoïte court et trapu, s'accroissent-elles pour donner naissance aux spores précédentes ? On n'ose le penser quand on n'a pas trouvé les stades intermédiaires. Provisoirement, nous nommerons ces spores, et en particulier les grandes, *Selysina incerta* n. sp. Des spores pareilles se rencontrent d'ailleurs chez divers Tuniciers, par exemple dans *Polysyncraton Lacazei*, *Dendrodoa grossularia* et dans certains *Amaroucium*.

Nous signalerons encore chez *Parascidia elegans* une Haplosporidie typique que nous appellerons *Haplosporidium ascidiarum* n. sp. On rencontre un *Haplosporidium*, qui paraît le même, chez *Amaroucium proliferum* et nous en connaissons de bien voisins chez les *Cardium edule*.

Haplosporidium ascidiarum nous a montré tous les stades que nous ont fait connaître Caullery et Mesnil (1906) et Granata (1914) : stades de début à deux noyaux, plasmodes à quatre noyaux, puis à huit noyaux et plus, qui doivent être distingués en plasmodes à petits noyaux et plasmodes à grands noyaux. Avant de se diviser en sporoblastes ou gamètes, le plasmode se creuse d'une cavité centrale, comme chez *Urosporidium*. Enfin, on trouve les kystes à éléments uninucléés ou binucléés, qui donnent les spores. Celles-ci, en nombre variable dans les kystes (de trois à une quarantaine), ont la couleur brune et la forme caractéristique avec couvercle bombé au centre, plat sur les bords. Elles mesurent $10^{\mu} \times 7$.

La séance est levée à $15^{h}10^{m}$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juin 1923 (*suite et fin.*)

Cours de Physique générale, par H. Ollivier. Tome troisième : *Mouvements vibratoires. Acoustique. Optique physique. Ondes électromagnétiques. Électro-optique. Effets optiques du mouvement;* 2ᵉ édition. Paris, Hermann, 1923; 1 vol. 25^{cm}.

Electrodynamic wave-theory of physical forces, par T.-J.-J. See. Volume II : *New theory of ther Æther*. Thos. P. Nichols et Son C°, Lynn, Mass., U. S. A; 1 vol. 28^{cm}.

La relativité vraie et la gravitation universelle, par Georges Fournier. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923. 1 vol. 23^{cm}.

L'Éthérique; essai de physique expérimentale, par Maurice Gandillot. Paris, Vuibert, 1923; 1 vol. 25^{cm}.

Spedizione italiana de Filippi nell' Himàlaia caracoràm e Turkestàn cinese (1913-1914); série II, vol. III : *Studi sul glaciale*, par Giotto Dainelli. Bologna, Nichola Zanichelli, 1922; 1 vol. texte 38^{cm}; 1 vol. planches, 31^{cm}.

Le service sanitaire maritime à Marseille de sa fondation à nos jours, par Edmond Druelle. Marseille, Imprimerie marseillaise, 1923; 1 brochure 24^{cm}.

Sur la jonction ancienne de la Moselle et de la Meuse par le Val de l'Ame, par Paul Martin. Extrait du *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy*, 1922. 1 fascicule 25^{cm}.

Carènes de formes nuisibles, ou favorables à leurs grandes vitesses; et résistance de l'eau à leur translation, par F.-E. Fournier. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 fascicule 22^{cm}.

Rapport sur les travaux du service du nivellement général de la France, de 1912 *à* 1921 *inclus*, par Ch. Lallemand. Paris, Imprimerie Nationale, 1922; 1 fascicule 30^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 4 juin 1923.)

Note de M. *Henri Guinot*, Méthode continue de déshydratation de l'alcool et de certains liquides organiques :

Page 1624, dernière ligne, *au lieu de* 21 vol. °/₀ (contraction), *lire* 57 vol. °/₀.
Page 1625, ligne 20, *au lieu de* alcool très pur, *lire* alcool très peu hydraté.

(Séance du 2 juillet 1923.)

Note de M. *Richard Birkeland*, Sur la résolution des équations algébriques par une somme de fonctions hypergéométriques :

Page 24, ligne 22, *au lieu de* $\nu^4 = 1$, *lire* $\nu^3 = 1$; dernière ligne, *au lieu de* si $\zeta < 1$, *lire* si $\zeta > 1$.
Page 25, formules, intervertir $F_1(\zeta)$ et $F_2(\zeta)$.

(Séance du 23 juillet 1923.)

Note de M. *de Séguier*, Sur les groupes linéaires à invariant bilinéaire ou quadratique dans le champ réel et complexe :

Page 238, ligne 12, *au lieu de* $\varphi = Zi$, *lire* $2i\varphi =$.

DUBROCA (Marcelin), Professeur de physique au lycée de Dijon.

Au sujet de la Théorie de la Relativité restreinte
Quelques illusions des sens et leur application

Un volume in-8 raisin de 76 pages ; 1921 .... 6 »

DUBROCA (Marcelin), Professeur de physique au lycée de Dijon.

Les idées et les calculs de M. Einstein contre la Science Physique

Un volume in-8 de 96 pages ; 1923 .... 8 »

EINSTEIN (A.).

La Théorie de la Relativité restreinte et généralisée*
Traduction française par Mlle J. Rouvière, licenciée ès sciences mathématiques, avec une préface d'Émile Borel, Membre de l'Institut

Un volume in-8 écu (19-12) de 120 pages (10e mille) .... 7 »

EINSTEIN (A.).

L'Ether et la Théorie de la Relativité*
Traduction française par Maurice Solovine

Un volume in-8 carré de 16 pages, broché ; 1921 .... 2 50

EINSTEIN (A.).

La Géométrie et l'Expérience*
Traduction française par Maurice Solovine

Un volume In-8 carré de 20 pages, broché ; 1921 .... 3 »

ESCLANGON (Ernest), Directeur de l'Observatoire à Strasbourg.

Les Preuves astronomiques de la Relativité*

Un volume in-8 (25-16) de 28 pages ; 1922 .... 2 »

FOURNIER (Georges), Ingr E.C.P.

La Relativité vraie et la Gravitation universelle*

Un volume in-8 (25-16) de 132 pages ; 1923 .... 7 »

GALBRUN (H.), Docteur ès Sciences, Actuaire de la Banque de Paris et des Pays-Bas.

Introduction à la Théorie de la Relativité. Calcul différentiel absolu et géométrie

Un volume broché in-8 (25-16) de 460 pages ; 1923 .... 60 »

GANDILLOT (Maurice), Ingénieur, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Véritable interprétation des Théories relativistes*

Un volume in-12 de 22 pages ; 1922 .... 0 80

GANDILLOT (Maurice), Ingénieur, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Note sur une illusion de Relativité

Un volume broché in-4 (28-23) de IV-88 pages ; 1913 .... 12 »

GANDILLOT (Maurice), Ingénieur, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Éther ou Relativité*

Un volume in-12 de XIV-84 pages ; 1922 .... 4 50

HALDANE (lord).

Le Règne de la Relativité*
Traduction française par H. de Varigny

Un volume in-8 (19-16) de 590 pages ; 1922 .... 30 »

LÉMERAY (E.-M.).

Le Principe de la Relativité*
Cours libre professé à la Faculté des Sciences de Marseille pendant le premier trimestre 1915

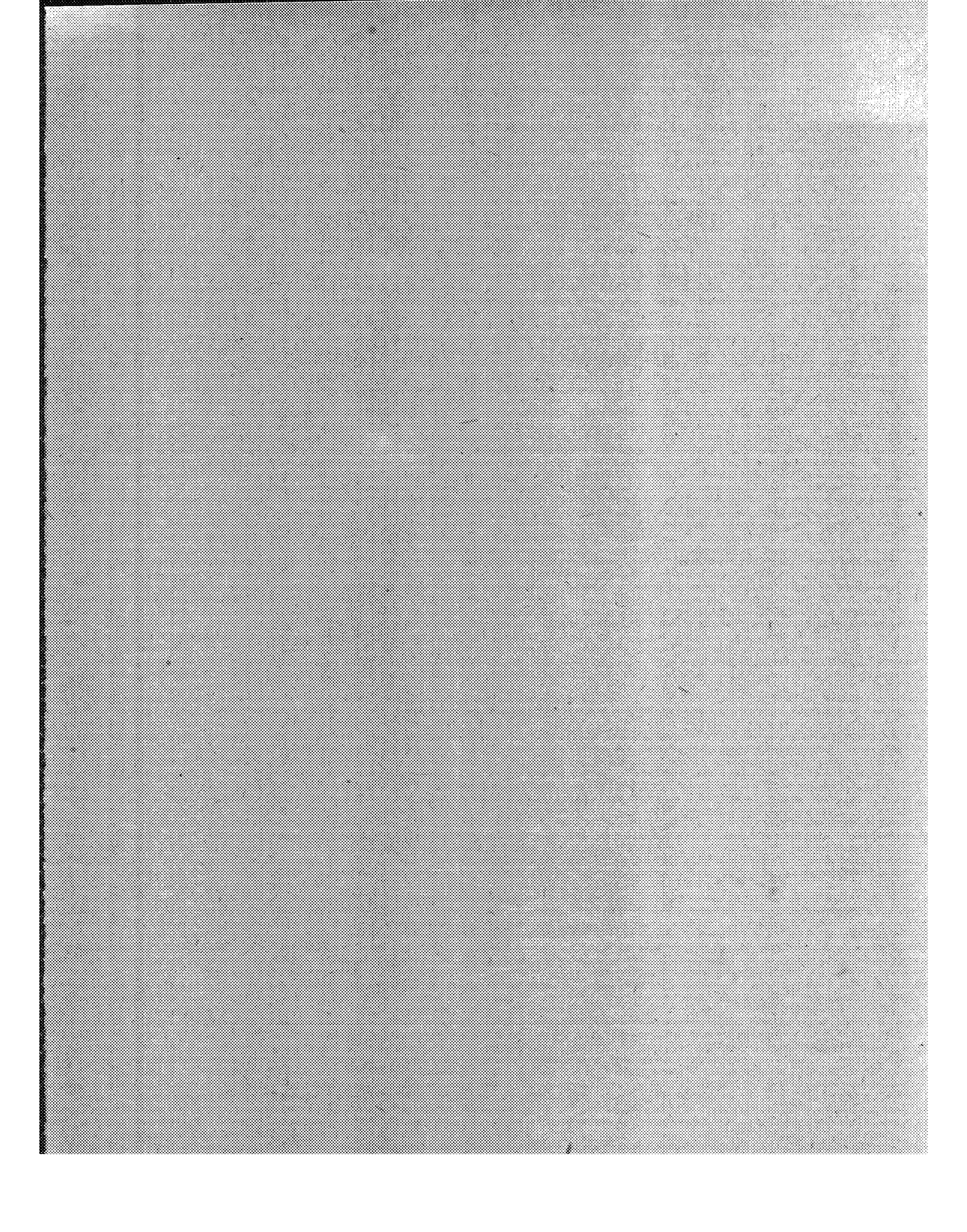
Un volume in-16 (19-12) de IV-156 pages, avec 13 figures ; 1916 .... (*Épuisé*)

LÉMERAY (E.-M.).

Leçons élémentaires sur la Gravitation*

Un volume in-8 carré (12-18) de 97 pages, broché ; 1921 .... 7 »

AVIS. — Des notices détaillées sur les Ouvrages marqués d'une astérisque (*) seront envoyées gratuitement sur demande.



N° 7.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 13 Août 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. A. Lacroix. — La signification des granites alcalins très riches en soude........ 417

M. Vito Volterra fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : « Commemorazione di Luigi Pasteur »......... 422

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale un ouvrage de *M. H. Vignes* parmi les pièces imprimées de la Correspondance........ 422

M. Torsten Carleman. — Sur les fonctions indéfiniment dérivables................. 422

M. Jules Baillaud. — Études sur la répartition de l'énergie dans les spectres stellaires, faites à l'Observatoire du Pic du Midi en 1920 et 1921..................... 424

M. B. de Mallemann. — Sur la théorie de la polarisation rotatoire................. 427

M. J. Bathellier. — Rectification à propos des nids d'*Eutermes*................... 430

M. E. Bugnion. — Remarques sur la Note de M. Bathellier....................... 432

MM. O. Duboscq et H. Harant. — Sur les Sporozoaires des Tuniciers.............. 432

Bulletin bibliographique.. 435

Errata.. 436

70755 — 8-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

Nº 8 (20 Août 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AOUT 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La constitution du banc de Rockall.* Note de M. A. LACROIX.

L'îlot de Rockall se dresse sur un banc sous-marin qui, défini par des fonds de 183^m, mesure environ soixante-dix milles sur trente.

Les pêcheurs qui fréquentent ces parages rapportent parfois dans leurs filets des blocs arrondis de basalte. Les dragages méthodiques de la *Porcupine* (1869) et ceux de l'expédition irlandaise de 1896 en ont fourni aussi un grand nombre; leur étude a conduit David Forbes d'abord, puis M. Grenville J. Cole à émettre des hypothèses sur leur origine.

Pour Forbes (1), ces blocs basaltiques ont été transportés d'Islande ou de Jan Mayen par les glaces. M. Grenville J. Cole, au contraire, les considère (2) comme étant en place et constitués par les débris d'un plateau basaltique submergé, faisant partie de la province lithologique qui comprend l'Islande, les Feroë, les Hébrides et le nord-est de l'Irlande. M. Judd qui, implicitement, acceptait cette manière de voir, termine sa description de la rockallite en déclarant qu'il n'est pas impossible que cette roche puisse être parallélisée, au point de vue de l'âge, avec les granites sodiques des Hébrides : or, on sait que ceux-ci sont intrusifs dans les gabbros et les basaltes tertiaires (3).

---

(1) *Proceed. Roy. Soc. London*, t. 18, 1870, p. 491.

(2) *The Transact. of the Royal Irish Academy*, t. 31, Part III, p. 59.

(3) Sir ARCHIBALD GEIKIE, *Ancient Volcans of Great Britain*, t. 2, 1877. — ALFRED HARKER, *The tertiary Igneous rocks of Skye*, 1904, etc.

L'étude sommaire des roches draguées en 1921 par le D[r] Charcot sur le banc de Rockall m'a conduit [1] à adopter cette dernière hypothèse; je puis aujourd'hui préciser ce point de vue, à la suite de l'examen plus détaillé de ces documents et d'autres, plus nombreux, rapportés en 1922 d'une seconde croisière du *Pourquoi-Pas?*

Les roches étudiées, mais non analysées, par M. Cole sont des basaltes, avec quelques andésites; celles que j'ai en mains sont encore des *basaltes*, mais aussi des *trachytes* et des *granites alcalins*.

Les *basaltes* diffèrent de ceux antérieurement décrits en ce qu'ils ne sont pas vacuolaires et qu'ils sont dépourvus de zéolites macroscopiques. Ce sont des laves compactes ou à grain fin, dans lesquelles la structure ophitique est extrêmement fréquente. La teneur en olivine est généralement faible, parfois nulle; le pyroxène appartient à une augite peu calcique dont l'écartement des axes optiques est faible. L'analyse 6 du Tableau donné plus loin montre qu'il s'agit d'un basalte andésitique, riche en fer et particulièrement en fer ferreux, possédant par conséquent les propriétés du type le plus commun des basaltes du nord-ouest de l'Europe dont il a été question dans une Note précédente [2]. La structure ophitique prédominante s'accommode bien avec l'hypothèse d'une émission en nappes épaisses.

Le *trachyte* est gris brunâtre; il présente un aspect phonolitique; dépourvu de phénocristaux macroscopiques, il est essentiellement constitué par des lamelles d'orthose sodique, accompagnées par un pyroxène vert clair, en petites baguettes ou en plages irrégulières, moulant les feldspaths; il est associé à un peu d'ænigmatite pœcilitique. Çà et là, les feldspaths sont entourés par une substance isotrope, localement colorée en jaunâtre; elle est moins réfringente que les feldspaths; l'analyse 5 permet de voir qu'il ne s'agit pas là d'un feldspathoïde, mais d'opale; le calcul, en effet, met en évidence une quantité très notable de silice libre, mais je ne crois pas qu'elle soit d'origine primaire; on se trouve ici en présence de ce cas, d'une grande importance théorique pour la connaissance des roches de ce genre que j'ai signalé dans les trachytes et les phonolites de la France centrale, de Madagascar, etc., roches dans lesquelles la destruction d'un feldspathoïde, sans altération des autres éléments, conduirait à une interprétation tout à fait inexacte de la nature de la lave, si l'on acceptait sans critique les résultats de l'analyse chimique.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 267.
[2] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 369.

Plus intéressants sont les *granites*. Le premier a été dragué à 12 milles au nord de Rockall; il s'agit d'une variété assez riche en minéraux colorés, se rapprochant, par ses caractères généraux, du type moyen de Rockall, mais s'en distinguant cependant par certaines particularités. Les feldspaths sont le microcline (à macle d'albite seule), la microperthite et un peu d'albite; il existe trois pyroxènes distincts; l'un presque incolore, à peine jaunâtre, possède toutes les propriétés de l'ægyrine, hormis la couleur; il est, par places, tacheté de vert et se rapproche ainsi de l'ægyrine d'un vert foncé qui prédomine; enfin un diopside incolore, en grandes plages, se transforme sur les bords en une amphibole verte et brunâtre du groupe de la lanéite, semblable à celle qui accompagne l'augite ægyrinique dans certaines enclaves microgrenues porphyriques du granite de Rockall. Je n'ai pas observé d'elpidite, mais un peu de zircon et aussi de l'apatite. Ce granite renferme environ 25 pour 100 de minéraux colorés; un autre, dragué à 10 milles à l'est de Rockall, est au contraire très leucocrate (5 à 6 pour 100 seulement d'ægyrine) et en même temps plus riche en quartz; son feldspath est de l'orthose sodique et localement une microperthite à très fins éléments. Une partie du quartz est associée à ces feldspaths en micropegmatite, à très gros grain, comme dans les roches des Hébrides, décrites par M. Harker sous le nom de *granophyre* [1]. A l'inverse du granite précédent et de celui de Rockall qui ne présentent aucune déformation mécanique, cette roche est extraordinairement écrasée. Elle possède un aspect bréchiforme, par places même elle est transformée en une véritable mylonite à grain fin.

Les analyses 1 et 2 de ces granites doivent être comparées à celle (3) du type le plus riche en éléments blancs du granite de Rockall. On constate les mêmes caractères chimiques en ce qui concerne le rôle des alcalis : ces nouveaux documents permettent de préciser une comparaison avec les granites alcalins des Hébrides, qui ont été bien étudiés au point de vue minéralogique; il n'en existe pas, il est vrai, d'analyse chimique complète, mais je puis donner celle (4) du microgranite à riebeckite (*paisanite*) d'Ailsa Craig qui, à lui seul, constitue, à l'entrée du Firth of Clyde, un rocher isolé battu par les flots comme l'est celui de Rockall.

---

[1] M. Harker a donné seulement pour le granophyre à riebeckite, de Meall Dearg. SiO^2 72,78; Na^2O 4,08; K^2O 5,18 : l'ordre des alcalis est inverse de celui observé dans les roches d'Ailsa Craig et de Rockall.

Le granite si spécial de ce dernier ne constitue donc pas plus une exception au point de vue géologique qu'au point de vue minéralogique; les nappes basaltiques qui doivent former la plus grande partie [1] du banc de Rockall sont traversées par d'autres intrusions granitiques de même nature, mais de composition variée, et il n'est pas douteux en outre que le trachyte ne leur soit apparenté au point de vue magmatique.

Analyses (par M. Raoult). — *Granites à œgyrine.* 1, dragué à 10 milles est de Rockall. I'.'4.1(2).(3)4; 2, dragué à 12 milles Nord de Rockall. II.'4.1.4; 3, Rockall (type le plus leucocrate). II.4.1.(3)'4; 4, *Paisanite*, Ailsa Craig. I'.4.1.4; 5, *Trachyte phonolitique*, Banc de Rockall. I(II).4(5).1.'4; 6, *Basalte andésitique*, Banc de Rockall. III.5.3.4'.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2......	71,22	66,62	68,61	71,56	64,12	45,24
Al^2O^3.....	12,69	11,96	9,24	14,02	14,06	13,36
Fe^2O^3....	4,53	4,19	6,91	1,26	3,65	5,32
FeO......	0,82	3,54	3,42	1,46	3,67	10,64
MgO......	0,24	0,31	0,18	0,21	0,18	5,22
CaO......	0,82	1,32	0,22	0,42	2,32	9,66
Na^2O.....	4,16	6,20	5,62	6,46	5,44	3,52
K^2O......	3,59	4,06	4,29	3,97	4,04	0,91
TiO^2.....	0,79	0,79	0,41	0,28	0,79	3,21
P^2O^5.....	tr.	0,21	0,04	tr.	0,09	0,41
H^2O (+)..	0,81	0,22	0,24	0,43	0,84	1,93
» (—)..	0,31	0,08	0,34	0,08	0,71	0,89
MnO.....	»	0,10	0,11	»	»	»
	99,98	100,16 [2]	100,35 [3]	100,15	99,91	100,31

Les déformations mécaniques décrites plus haut sur un des granites dragués ont enregistré les actions orogéniques qui ont enfoncé sous les eaux de l'Atlantique le plateau basaltique et ses intrusions; elles sont à comparer à celles que M. Harker a observées dans quelques-uns des granites de Skye [4]. Je n'ai rencontré aucune déformation structurale dans les basaltes dragués en même temps que ce granite; le nombre d'échantillons étudiés n'est pas assez grand pour qu'il soit possible de tirer des conclusions fermes de cette particularité, mais il n'est pas sans intérêt de rappeler à cet égard que M. Harker a noté qu'à Skye le granite paraît avoir été beaucoup plus sensible aux actions mécaniques que le gabbro qu'il traverse.

---

[1] Dans les récoltes du *Pourquoi-Pas?*, 95 pour 100 des blocs sont de nature basaltique.

[2] ZrO^2 0,38; terres rares 0,18.

[3] ZrO^2 0,56; terres rares 0,16.

[4] *Op. cit.*, p. 147.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'ablation de la rate dans les cas d'alimentation défectueuse.* Note (¹) de M. **Charles Richet.**

I. L'expérience I a porté sur 9 chiens soumis à un régime spécial peu favorable, viande cuite et farine de riz bouillie, additionnée de sucre de canne. Les chiens pouvaient prendre, soit de viande, soit de farine, les quantités qu'ils voulaient.

L'expérience a duré 126 jours. Il y avait 5 chiens dératés et 4 chiens normaux.

Au bout de ces 126 jours (du 23 mars au 25 juillet 1923), 5 chiens avaient survécu, 2 dératés, et 3 normaux.

Un chien dératé est mort le 27ᵉ jour;

Un autre chien dératé est mort le 45ᵉ jour;

Un troisième chien dératé est mort le 71ᵉ jour.

De sorte qu'au 71ᵉ jour la mortalité des dératés était de 60 pour 100 et celle des normaux de 0 pour 100.

Un chien normal est mort le 78ᵉ jour.

Du 78ᵉ au 126ᵉ jour, comme si les uns et les autres s'étaient habitués à ce régime, il n'y a plus eu de mort; et les poids corporels de ces 5 chiens ont à peine baissé.

Centésimalement, ces poids étaient (par rapport aux poids initiaux supposés égaux à 100 le 23 mars) :

				Moyenne.
Chiens normaux.......	101	98	89	96
Chiens dératés.........	119	96		107

Il y a là un fait qui me surprend fort, et dont je n'ai aucune explication satisfaisante à proposer. Un chien dératé, adulte, qui pesait $12^{kg},500$ le 23 mars, n'a pas cessé d'augmenter de poids, quoique ce régime (de viande cuite et de farine de riz sucrée et bouillie) soit très peu adapté à la nutrition des chiens. Le 3 juillet il pesait $16^{kg},100$, soit 128 pour 100 de son poids primitif. Du 3 juillet au 25 juillet, jour où j'ai arrêté l'expérience, il a baissé un peu de poids. Tout de même il pesait encore $14^{kg},900$, soit 119 pour 100 de son poids primitif. Les quatre autres chiens survivants (dont un dératé) avaient, avec une légère baisse, gardé leur poids initial.

(¹) Séance du 13 août 1923.

II. Une autre expérience a été faite sur six chiens dont deux dératés ([1]) soumis tous les six au régime de la viande cuite et du sucre de canne.

Du 22 mai au 25 juin, c'est-à-dire 34 jours, il y eut mort d'un des dératés au 31e jour. Voici centésimalement les poids des cinq autres au 34e jour :

					Moyenne.
Normaux	100	100	94	86	95
Dératés	78				78

Le 42e jour les poids étaient (au 3 juillet) :

Normaux	98	92	91	82	90
Dératés	74				74

Du 3 juillet au 10 juillet il y eut trois morts presque simultanées et parmi eux le dératé qui avait survécu.

Le 25 juillet j'ai arrêté l'expérience, car deux autres chiens, non dératés, n'ont pas pu supporter ce régime. En tout il n'en restait plus qu'un (*Ulysse*) dont le poids (centésimal) était au 64e jour de 108.

Je noterai, sans rien en inférer, que c'est lui qui dans son régime avait le moins de sucre (de canne). Tous les autres avaient 100^g de sucre; *Ulysse* n'avait que 50^g de sucre.

III. Voici une autre expérience, un peu différente, mais qui confirme nettement les précédentes, en montrant une fois de plus l'influence incontestable (mais inexpliquée) de la rate sur la nutrition et l'assimilation.

J'ai alimenté, pendant 98 jours, cinq chiens à la viande cuite, à laquelle j'ajoutais de la farine de riz, en quantité faible.

A. (Viande cuite seule) : Meurt le 34e jour.

B. (Viande cuite et 0,1 par kilogramme de farine de riz) ; Vivant et bien portant le 98e jour (107 pour 100 de son poids).

C. (Viande cuite et 0,5 de farine de riz) : Meurt le 52e jour.

D. (Viande cuite et 1,0 de farine de riz) : Meurt le 38e jour.

E. (Viande cuite et 1,5 de farine de riz) : Meurt le 21e jour. E est le seul dératé de cette série expérimentale.

Ainsi sur cinq chiens dont un seul était dératé, c'est celui-là qui est mort le premier, quoique ayant reçu plus de farine de riz que les autres.

Ici encore, comme dans la première expérience, il y a un fait paradoxal que je ne m'explique pas. Le chien B... (*Thésée*), au 98e jour, se portait très

([1]) Ils n'étaient dératés que depuis deux mois et demi, mais la cicatrisation de la plaie était déjà complète au bout de trois semaines. Les chiens dératés de l'expérience I avaient été dératés depuis près d'un an.

bien (poids centésimal : 107). Et cependant il n'avait qu'une quantité de farine extrêmement faible, 0,1 par kilogramme, soit, en poids absolu, 10g de farine de riz par jour. Je rapprocherai son cas du cas d'*Ulysse* qui a survécu et avait dans sa ration (avec la viande cuite *ad libitum*) une quantité de sucre moindre que les autres chiens (1).

Ainsi, sans qu'on puisse en saisir le mécanisme, la rate permet une beaucoup plus longue survie aux chiens soumis à un régime spécial peu riche en vitamines, ou même dépourvu de vitamines.

IV. Voici une tout autre série d'expériences dans lesquelles je n'ai pas pu constater cette influence de la rate.

J'ai soumis quatre chiens à des alternatives de jeûne et d'alimentation. Le jeûne durait 7 jours, et la période de réalimentation était de 7 jours aussi. Cette alimentation était la nourriture ordinaire des chiens : viande crue, viande cuite et pain.

L'expérience a duré 124 jours, soit neuf périodes de jeûne et de réalimentation.

Au bout de ce temps, nulle différence appréciable n'a pu être constatée entre les deux dératés et les deux non dératés.

Les poids absolus au 23 mars étaient :

			Moyenne centés.
Normaux	9,5	19,3	100
Dératés	11,0	18,8	100

Les poids au 25 juillet étaient :

Normaux	11,4	22,8	119
Dératés	13,5	20,0	117

Autrement dit tous ces quatre chiens ont augmenté de poids, et ce bizarre régime de sept jours de jeûne et de sept jours de réalimentation n'a nullement altéré leur santé. Il est vraisemblable que les herbivores ne se comporteraient pas de même (2).

(1) J'examinerai dans une prochaine communication l'influence de ces alimentations spéciales sur les chiens normaux.

(2) Je noterai un fait curieux indiquant l'instinct (ou l'intelligence) de ces chiens. Quand ils ont vu qu'on les soumettait à un jeûne de sept jours, ils se sont mis pendant la période de réalimentation à manger beaucoup plus que d'habitude. Après chaque période nouvelle de réalimentation, comme ils se mettaient à manger de plus en plus, leur poids augmentait de plus en plus; il y a eu successivement en proportions centésimales des augmentations de + 9 + 19,8 + 20,3 + 18,1 + 22,8. Tout se passe comme s'ils avaient compris qu'on allait les faire jeûner de nouveau et qu'il fallait par une alimentation plus abondante se préparer à cette période d'abstinence forcée.

V. De ces expériences il résulte que, si l'alimentation est normale, convenable, régulière, les chiens dératés peuvent s'alimenter aussi bien que les autres.

Au contraire, si l'alimentation est insuffisante ou défectueuse (comme dans le cas de viande cuite ou de farine de riz), les animaux dératés meurent avant les autres, malgré un cas *exceptionnel* de survie prolongée.

BOTANIQUE. — *Variation et fluctuation dans le nombre des stigmates de* Papaver. Note de M. **Paul Vuillemin.**

Le dénombrement des stigmates est considéré par M. Blaringhem ([1]) comme un procédé d'une sensibilité remarquable pour le contrôle biologique de l'influence des engrais sur la croissance du Pavot. Le nombre des capsules ayant plus de huit stigmates est plus élevé à la suite de l'addition d'une fumure azotée que chez les témoins cultivés dans une terre pauvre, drainée, homogène. Ce nombre subit donc des fluctuations en rapport avec la richesse du sol.

De la fluctuation déterminée par les agents extérieurs introduits par l'expérimentateur, il importe de séparer la variation héréditaire.

Les stigmates de *Papaver* sont normalement hétéromères. Pour le *Papaver somniferum*, la variation apparaît dans le tableau de M. Blaringhem. Entre les témoins 1 et 2, le taux des capsules à 5-6 stigmates varie de 8,69 à 42,3 pour 100. Les témoins ne fournissant pas un étalon fixe, il n'est pas possible de mesurer exactement la fluctuation imputable à l'addition d'engrais.

La variation normale est étendue; il n'est pas établi que les limites de la fluctuation soient plus reculées.

Je me suis occupé ([2]) de la variation chez le *Papaver bracteatum*, où j'ai compté de onze à dix-neuf stigmates dans six touffes cultivées dans un même jardin et comparables aux témoins de M. Blaringhem. Mettant en parallèle trois touffes chétives et trois touffes robustes, j'ai constaté entre les deux lots des différences analogues à celles qui sont relevées chez le *Papaver somniferum* entre les témoins et les cultures additionnées d'azote.

Pour faire saisir l'analogie, je rapporte à 100, d'une part les résultats que j'ai obtenus chez le *Papaver bracteatum*, d'autre part ceux que fournit

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 407.

([2]) *Bulletin de la Société botanique de France*, t. 54, 11 octobre 1907, p. 511.

M. Blaringhem pour le *P. somniferum* et je superpose deux tableaux réunissant ces données.

Papaver orientale.

Nombre de stigmates.	Pieds robustes.	Pieds chétifs.
11-12	6,47	58,62
13-14	41	37,93
15-16	46	3,448
17-18	5,75	0
19	0,7	0

Papaver somniferum.

Stigmates.	Terre additionnée de N.	Terre pauvre.
5-6	0	22,2222
7-8	27,2727	66,1111
9-10	63,6363	16,6666
11-12	9,0909	0

L'expérimentation étend le champ de l'observation. Elle ne remplace pas l'observation directe de la nature, nécessaire pour apprécier la variation normale. La fluctuation provoquée par l'expérimentateur ne peut être mesurée sans la connaissance préalable de l'étendue de la variation qui entraîne des changements de même ordre.

Pour le contrôle biologique de l'influence des engrais, on choisira de préférence les caractères moins modifiés par la variation normale que par la fluctuation.

NOMINATIONS.

M. Jacques Loeb est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies qui auront lieu en commémoration du professeur *Joseph Leidy*, en décembre prochain.

CORRESPONDANCE.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le mécanisme du vol à voile et la morphologie des oiseaux voiliers.* Note de M. CHARLES NORDMANN.

Il faut distinguer dans le vol à voile le problème de la propulsion et le problème de la sustentation. Le premier est depuis longtemps résolu et il est facile de montrer par des considérations élémentaires que l'oiseau trouve dans le vent une composante propulsive en orientant convenablement ses ailes et par un mécanisme analogue à celui des bateaux à voile. Cela sous réserve d'une dérive que l'oiseau corrige, si elle est gênante, par une trajectoire en ligne brisée.

Le problème de la sustentation dans le vol à voile est au contraire toujours en suspens. Il doit d'ailleurs être examiné indépendamment de la propulsion, car il est prouvé que les oiseaux voiliers se soutiennent même par un vent relatif moyen nul.

Parmi les théories de la sustentation dans le vol à voile qui ont été proposées, celle qui est le plus généralement admise a été d'abord émise par Mouillard puis développée par Langley, Lanchester, etc. D'après cette théorie l'oiseau puise son énergie volatrice dans les intermittences du vent qui créent par rapport à lui un vent relatif variable; quand une rafale, un accroissement de vitesse du vent, survient, l'oiseau (supposé face au vent) subit une poussée sustentatrice; puis quand le vent diminue à nouveau, il descend un peu en vol plané en attendant la rafale élévatrice suivante. Telle est la théorie de Mouillard et Langley. Elle explique divers faits, mais on lui a objecté avec raison qu'on n'observe généralement pas les alternances de montée et de descente qu'elle suppose dans le vol des oiseaux voiliers. En outre elle ne rend nullement compte de la conformation si particulière de ces oiseaux. Enfin beaucoup de faits observés sont tout à fait inexplicables par elle, notamment l'élévation de l'oiseau lorsqu'il marche avec le vent, fait que Mouillard signale en le déclarant inexplicable (*l'Empire de l'air*, p. 44-45), notamment aussi le fait signalé par beaucoup d'observateurs que le vol à voile, tant en orbes qu'en ligne droite, est souvent constamment ascendant.

Dans le dessein de faire disparaître ces difficultés j'ai été amené à émettre l'hypothèse suivante :

L'angle d'attaque de l'oiseau voilier n'est pas constamment positif comme on l'a cru jusqu'ici; positif lorsqu'une rafale produit un vent relatif face à l'oiseau, il peut devenir négatif lorsque à la rafale succède une accalmie produisant un vent relatif dirigé en sens contraire; ce dernier vent produit alors nécessairement lui aussi une poussée sustentatrice. L'inverse a lieu, avec le même résultat, si l'oiseau vole, non plus face au vent, mais le dos au vent.

En un mot, selon que le vent relatif est dirigé face à l'oiseau ou en sens contraire, celui-ci, en changeant le sens de son angle d'attaque, peut en recevoir une poussée constamment sustentatrice.

Voilà l'hypothèse. Voyons maintenant les faits. Tout d'abord on voit immédiatement que si cette théorie est vraie, toutes les difficultés soulevés par la « théorie des montagnes russes » de Mouillard-Langley disparaissent; les faits naguère inexplicables rappelés ci-dessus sont en outre aussitôt élucidés.

Mais l'hypothèse proposée est-elle conforme à la morphologie des oiseaux voiliers et à leur attitude dans le vol? A cette question il semble qu'on puisse répondre affirmativement.

Quand en effet on étudie attentivement les descriptions des observateurs et surtout d'une part les exposés et les dessins si précis de Mouillard et d'autre part les belles recherches de morphologie ornithologique du Dr Magnan [1], on note les faits suivants : 1° les oiseaux voiliers ont un angle d'attaque très faible et voisin de zéro; 2° l'aile des oiseaux voiliers en vol horizontal, à l'inverse de celle des rameurs, est sensiblement droite et symétrique par rapport à un plan vertical passant par les extrémités des ailes étendues; 3° les rémiges terminales des ailes, à l'inverse de ce qui a lieu chez les oiseaux rameurs, sont symétriquement placées par rapport à la rémige médiane qui est la plus longue; 4° ce n'est pas seulement la projection horizontale de l'aile, mais aussi sa concavité longitudinale qui est sensiblement symétrique par rapport au plan vertical défini précédemment; 5° enfin le corps tout entier de l'oiseau voilier en vol est, de même que ses ailes, sensiblement symétrique par rapport à ce plan vertical dans lequel se trouve le centre de gravité de l'oiseau; au contraire, en général chez les oiseaux rameurs, le cou est sensiblement moins long par rapport à la queue et le centre de gravité est nettement en arrière de l'attache des ailes, ce qui tend à maintenir l'oiseau incliné de telle sorte que son plan d'attaque reste constamment positif.

---

[1] *Les caractéristiques des oiseaux*, passim.

En un mot les oiseaux voiliers se différencient des autres en ce que tout leur corps et leurs ailes sont sensiblement symétriques par rapport à un plan traversal médian à l'attache des ailes. *L'oiseau voilier est conformé exactement comme s'il devait indifféremment pouvoir faire alternativement la même manœuvre selon que le vent relatif l'attaque par l'avant ou par l'arrière. Or c'est précisément ce que suppose la théorie que j'ai émise ci-dessus.*

Cette théorie non seulement paraît éviter des difficultés qui avaient semblé insurmontables, mais elle est en quelque sorte imposée par la morphologie même de l'oiseau voilier. Pour se convaincre de la symétrie qu'elle implique et qu'elle explique, il suffira d'examiner les documents caractéristiques publiés par Mouillard et par le Dr Magnan. Il suffira même de regarder un instant le bel albatros aux ailes étendues que renferme la galerie de zoologie du Muséum. Et l'albatros est sans doute le plus typique des oiseaux voiliers.

Quant au très léger balancement longitudinal qui doit, selon ces idées, changer le sens de l'angle d'attaque alaire de ces oiseaux synchroniquement avec le rythme des alternances du vent, on l'observe effectivement [1], sans qu'on l'eût jusqu'ici expliqué. La position particulière du centre de gravité chez ces oiseaux se prête avec le minimum d'effort à ce balancement. Il est d'ailleurs facile de voir que celui-ci — et l'inversion périodique de l'angle d'attaque — sont, sans qu'il soit besoin d'effort volontaire de l'oiseau, automatiquement produits par l'action du vent relatif lui-même. Agissant sur les rémiges terminales qui sont, comme on sait, relevées vers le haut dans le vol à voile, ce vent relatif, selon qu'il vient de l'avant ou de l'arrière, suffit en frappant les rémiges antérieures ou les postérieures, lesquelles restent passives, à modifier spontanément l'angle d'attaque dans le sens utile à la conservation de la sustentation.

La théorie présentée ci-dessus non seulement élucide beaucoup de particularités naguère déconcertantes du vol à voile, mais elle implique, chez les oiseaux pratiquant ce vol, une conformation qui est précisément celle qui les caractérise. Étant donnée la relation profonde qui lie la fonction et l'organe, c'est peut-être le meilleur argument en sa faveur.

---

[1] Voir notamment MAGNAN, *loc. cit.*, p. 147-148.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La force électromotrice des piles, l'affinité chimique et l'attraction moléculaire.* Note [1] de M. **N. Vasilesco Karpen**, transmise par M. Paul Janet.

La théorie osmotique des forces électromotrices de M. Nernst, dont l'application s'est montrée si féconde, conduit pour la force électromotrice prenant naissance entre un métal n-valent et la solution d'un de ses sels, à la formule

$$e = \frac{RT}{n} \log \frac{p_1}{p_2} \tag{1}$$

avec les notations habituelles.

La force électromotrice d'un élément Daniell est, suivant cette théorie,

$$E = \frac{RT}{2} \left(\log \frac{p_1}{p_2} - \log \frac{p_3}{p_4} \right). \tag{2}$$

On peut faire à cette théorie les objections suivantes :

1° L'énergie de la pile Daniell serait, comme dans les piles de concentration, entièrement empruntée au milieu environnant;

2° La force électromotrice de la même pile suivant la formule de Helmholtz, vérifiée par l'expérience, est

$$E = Q + T\frac{dE}{dT}. \tag{3}$$

Les formules (2) et (3) sont manifestement en contradiction, en ce qui concerne la variation de E avec la température ;

3° Les pressions de dissolution des métaux sont invraisemblables (10^{19} atm pour le zinc; $1,5 \times 10^{-36}$ atm pour le palladium, etc.).

D'autre part j'ai décrit dans une Note antérieure [2] des piles dont la force électromotrice n'est pas conforme à cette théorie.

Ces objections m'ont conduit à modifier la théorie de M. Nernst, en introduisant l'attraction laplacienne qui s'exerce sur les molécules et les ions situés au niveau de la surface de séparation entre deux milieux différents, comme je l'ai fait pour les phénomènes de vaporisation et de solution.

H. Pellat avait d'ailleurs, il y a longtemps, attiré l'attention sur cette

---

(1) Séance du 13 août 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 96.

question. Il est, dit-il, extrêmement invraisemblable d'admettre qu'un cation cuivre, à la séparation du cuivre et de l'eau, est soumis à la même force attractive de la part de ces deux substances si différentes (Cours d'Électricité, 1908).

Considérons un métal n-valent, plongé dans une solution d'un de ses sels. Soient p_1, p_2 les pressions osmotiques des cations dans le métal et dans la solution; $e_{12} = e_2 - e_1$ la force électromotrice qui prend naissance entre le métal et la solution, égale et opposée à la différence entre le potentiel de la solution et celui du métal.

Le métal et la solution sont séparés par une couche mince d'épaisseur h, dans laquelle la pression p et le potentiel e passent graduellement de p_1 e_1 à p_2 e_2, par l'effet de l'attraction laplacienne sur les ions.

Pour l'équilibre des cations, situées dans la couche de passage à la distance x de la surface limitant cette couche du côté de la solution et soumis à la pression p, on doit avoir, F étant la force s'exerçant sur la molécule-gramme de cations au niveau considéré, et v le volume spécifique de ces cations :

$$dp = \frac{F}{v} dx, \qquad \int_{p_2}^{p_1} v\, dp = \int_0^h F\, dx = \mathfrak{T}, \tag{4}$$

$\mathfrak{T}$ étant le travail qu'il faut *effectuer* pour transporter une molécule-gramme de cations du métal dans la solution. Ce travail comprend : le travail $l_{12} = l_1 - l_2$ des forces laplaciennes — différence entre le travail l_1 nécessaire pour sortir une molécule-gramme du métal et le travail l_2 nécessaire pour sortir la même molécule de l'eau — et le travail électrique ne_{12}.

Intégrant (4) après y avoir remplacé v par sa valeur $\frac{RT}{p}$, on obtient pour *la force électromotrice entre un métal et la solution d'un de ses sels*

$$e_{12} = \frac{RT}{n} \log \frac{p_1}{p_2} - \frac{l_{12}}{n}. \tag{5}$$

La force électromotrice d'un élément Daniell, si l'on néglige la force électromotrice entre les deux sulfates, sera, en numérotant les indices dans l'ordre : Zn, SO^4Zn, SO^4Cu, Cu,

$$E = e_{12} - e_{43} = \frac{-l_{12} + l_{43}}{2} + \frac{RT}{2}\left[\text{o g} \frac{p_1}{p_2} - \log \frac{p_4}{p_3}\right]. \tag{6}$$

Cette formule s'identifie immédiatement à la formule de Helmholtz. Le

premier terme du dernier membre représente en effet l'énergie *développée* par le passage d'une demi-molécule-gramme de Zn^{++}, de l'électrode de zinc dans la solution et d'une demi-molécule-gramme de Cu^{++} de la solution dans l'électrode de cuivre; c'est-à-dire l'énergie Q développée par la réaction

$$(7) \qquad \frac{1}{2} SO^4Cu + \frac{1}{2} Zn = \frac{1}{2} SO^4Zn + \frac{1}{2} Cu.$$

Quant au deuxième terme, si Q respectivement l_{12}, l_{43} ainsi que $\frac{p_1}{p_2}$, $\frac{p_4}{p_3}$ sont indépendants de la température, il est égal à $T\frac{dE}{dT}$.

Les rapports entre les pressions de dissolution des divers métaux suivant la formule (6) deviennent vraisemblables. Introduisant dans cette formule les données numériques relatives à la pile Daniell on obtient pour le rapport $\frac{p_1}{p_4}$ entre les pressions du zinc et du cuivre la valeur 2 au lieu de 10^{37}, qu'on obtient en appliquant la formule (2).

Il est à remarquer que pour l'établissement de la formule (6) *qui, dans le cas considéré, s'identifie avec l'expression analytique* [*formule* (3)] *du deuxième principe de la Thermodynamique, il n'a pas été fait appel à ce principe.*

L'affinité chimique, dans les cas nombreux où la réaction peut se produire dans une pile réversible, est définie comme étant mesurée par la force électromotrice de la pile.

La formule (6) et les raisonnements qui y ont conduit concilient cette définition avec la conception vague et très ancienne, que l'affinité est une sorte d'attraction entre les corps en présence dans une réaction, en précisant cette dernière conception.

Dans la pile Daniell, la réaction (7) se produit et la force électromotrice prend naissance, parce que le cuivre attire plus fortement de l'eau ses propres ions que ne le fait le zinc; les ions Cu^{++} se déposent, laissant la place aux ions Zn^{++} moins attirés, qui se dissolvent.

L'attraction laplacienne, dont le travail est représenté par le terme $\frac{-l_{12}+l_{43}}{2}$ de l'équation (6) est donc la principale cause directe de la réaction et de la force électromotrice; le terme $\frac{RT}{2}\left(\log\frac{p_1}{p_2} - \log\frac{p_4}{p_3}\right)$, généralement peu important, représente le complément positif ou négatif de force électromotrice, dû à l'échange de chaleur avec le milieu extérieur, échange analogue à celui qui se produit par la dilatation ou la compression d'un gaz à température constante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et application à des synthèses organiques du magnésien du* p-*bromocumène*. Note de M. L. BERT, transmise par M. A. Haller.

Le *p*-bromocumène n'a pas été utilisé jusqu'à présent à des synthèses par la réaction de Grignard, sans doute à cause de son prix très élevé. Le meilleur procédé d'obtention de ce produit consiste à transformer l'alcool isopropylique successivement en bromure d'isopropyle ([1]), en cumène ([2]), et ce dernier en *p*-bromocumène ([3]); avec des rendements respectifs de 80, 66 et 82 pour 1000. Or l'alcool isopropylique est devenu récemment un produit industriel peu coûteux; l'emploi du *p*-bromocumène n'est, de ce fait, pas plus dispendieux aujourd'hui que celui du *p*-bromotoluène.

I. La préparation du magnésien du *p*-bromocumène est beaucoup plus aisée qu'avec le *p*-bromotoluène et aussi facile qu'avec le bromobenzène, à condition de catalyser la réaction, au début, par introduction d'une petite quantité de brome sec.

Les données ci-dessous se rapportent au magnésien préparé avec $2^g,4$ ($0^{at},1$) de magnésium en tournure, $19^g,9$ ($0^{mol},1$) de *p*-bromocumène et 50^{cm^3} d'éther anhydre : deux gouttes de brome suffisent pour qu'avec des produits bien secs, la réaction se déclare aussitôt; la solution éthérée se trouble, entre en ébullition et prend peu à peu une couleur café. Le magnésien étant soluble dans l'éther et la réaction étant vive, il n'est pas nécessaire d'agiter mécaniquement pour renouveler les surfaces de contact du métal et de la solution.

Au bout de 50 minutes environ (20 minutes d'ébullition spontanée, plus 30 minutes de chauffage extérieur), la réaction est pratiquement terminée.

Il reste alors 10 pour 100 de magnésium inattaqué.

L'analyse immédiate du produit de la décomposition par l'eau montre que 80 pour 100 environ du *p*-bromocumène mis en œuvre ont été transformés en magnésien et 15 pour 100 en *p. p'*-diisopropyldiphényle $(CH^3)^2.CH.C^6H^4.C^6H^4.CH.(CH^3)^2$.

Ce dernier carbure était encore inconnu. On le recueille sous la forme d'une huile jaune clair, douée d'une odeur faible, mais aromatique, non entraînable par la vapeur d'eau, bouillant sans décomposition vers 335° corr.

([1]) NORRIS, *Am. Chem. Soc.*, t. 38, 1907, p. 627-642. Voir pour la préparation économique de l'acide bromhydrique à 48 pour 100 : O. KAMM et C.-S. MARVEL, *Ibid.*, t. 42, 1920, p. 303-304.

([2]) RADZIEWANOWSKI, *Berichte*, t. 28, 1895, p. 1137.

([3]) JACOBSEN, *Ibid.*, t. 12, 1879, p. 430.

et se prenant par refroidissement dans un mélange glace-sel en une masse cristalline que l'on essore. Il suffit d'une cristallisation dans l'alcool bouillant pour avoir un produit pur, cristallisé en belles paillettes incolores, très brillantes, semblables d'aspect au diphényle, F = 64°-65° au bloc Maquenne, facilement solubles dans l'éther, l'alcool bouillant, le benzène, peu solubles dans l'alcool froid. Le produit analysé a fourni les chiffres suivants :

C = 90,4; H = 9,36 (théorie : C = 90,76; H = 9,24 pour 100). Ébullioscopie dans le benzène, par la méthode de Landsberger : 234; $C^{18}H^{22}$ = 238.

II. Nous avons consigné dans le Tableau ci-dessous les résultats des premières condensations que nous avons effectuées au moyen du magnésien du *p*-bromocumène :

Composé antagoniste.	Quantité de réactifs en mol.-gr.	Composé obtenu.	Constante déterminée.	Rendement net pour 100.
Oxygène	0,05	*p*-cuménol	E_{corr} = 228°	21
Anh. carbonique	0,05	acide *p*-cuminique	F_{bloc} = 109	40
Trioxyméthylène	0,1	alcool *p*-cuminique	E_{corr} = 246	35
Sulfate diméthylique	0,1	*p*-cymène	E_{corr} = 175-176	12

Nous poursuivons ces essais de synthèse dans toutes les directions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique et empêchement stérique. Étude de quelques nonanones.* Note de MM. **G. Vavon** et **D. Ivanoff**, transmise par M. Haller.

Cette Note a pour but l'étude comparée, au point de vue de leur hydrogénation en présence de noir de platine, de quelques cétones saturées en C^9 : nonanone-5, méthyl-3-octanone-4, diméthyl-3.5-heptanone-4, tétraméthylpentanone. Ces cétones isomères présentent un nombre croissant de chaînons de la première à la dernière; on peut les considérer comme dérivant de l'acétone ordinaire par substitution de 2, 3, 4 ou 6 radicaux; ce sont en effet les

dipropylacétone $C^3H^7 - CH^2 - CO - CH^2 - C^3H^7$,

méthyléthylpropylacétone $\begin{matrix} CH^3 \\ C^2H^5 \end{matrix} \rangle CH - CO - CH^2 - C^3H^7$,

diméthyldiéthylacétone

$$\begin{matrix} CH^3 \\ C^2H^5 \end{matrix}\!\!>\!CH - CO - CH\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ C^2H^5 \end{matrix},$$

hexaméthylacétone

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C - CO - C\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}.$$

Préparation des cétones. — Nous nous bornerons à indiquer ici la marche suivie dans ces préparations : la nonanone-5 déjà connue ([1]) et la diméthylheptanone ont été préparées par la méthode de M. Senderens en faisant passer sur de la thorine des vapeurs d'acide valérique pour la première cétone, d'acide isovalérique pour la seconde; la méthyloctanone par la méthode de M. Blaise en faisant agir du chlorure de l'acide méthylbutyrique sur l'organozincique de l'iodure de butyle, enfin la tétraméthylpentanone ou pivalone selon la méthode donnée par MM. A. Haller et Ed. Bauer à partir de la pinacoline ([2]).

Les cétones sur lesquelles ont porté nos expériences avaient les caractéristiques suivantes :

	Eb. (corr.).			Semicarbazone.
Nonanone...........	186°-187°	$d_{15} = 0,818$	$n_D^{15} = 1,421$	F = 89°-90°
Méthyloctanone.......	174°	$d_{14} = 0,829$	$n_D^{14} = 1,4200$	F = 88°-90°
Diméthyheptanone....	162°	$d_{14} = 0,826$	$n_D^{14} = 1,4193$	F = 83°-84°
Tétraméthylpentanone.	152°	$d_{18} = 0,824$	$n_D^{18} = 1,4195$	

Ces cétones nous ont donné par hydrogénation les alcools correspondants, et ceci sans aucune difficulté. Ajoutons toutefois que le platine employé n'avait pas été purifié spécialement, il contenait des traces de fer, ce qui augmente beaucoup son activité pour la transformation des cétones en alcools, ainsi que l'a montré récemment M. Faillebin ([3]).

Nous donnons ci-dessous les constantes des trois premiers alcools non encore décrits.

	Eb. (corr.).	d_{18}.	n_D^{18}.	Allophanate.
Dibutylcarbinol.............	194°	0,823	1,4289	F = 158°
Méthyl-3-octanol-4..........	180°	0,834	1,4325	F = 160°
Diméthyl-3.5-heptanol-4....	171°	0,836	1,4330	F = 163°

([1]) PICKARD et KENYON, *Chem. Soc.*, t. 101, p. 629.
([2]) A. HALLER et E. BAUER, *Annales de Chimie*, t. 29, p. 318.
([3]) E. FAILLEBIN, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1077.

Méthode de comparaison (1). — Après quelques essais, nous nous sommes arrêtés au thymol et à l'orthocrésol comme terme de comparaison. Ces phénols peuvent se doser facilement par l'iode en excès en présence de bicarbonate de soude, l'excès d'iode étant titré à l'hyposulfite. Une expérience préalable faite sur le thymol ou l'orthocrésol seul permet d'établir la correspondance entre la quantité de phénol disparu et le volume d'hydrogène absorbé.

Chaque opération a porté sur un mélange de 1^{mol} de cétone et $\frac{1}{3,3}$ molécule de thymol ou de crésol (la molécule de ces phénols absorbant à saturation complète $3^{mol},3$ d'hydrogène). Sur ce mélange on fixe une seule molécule d'hydrogène et l'on détermine la fraction fixée sur le phénol, par suite sur la cétone.

Voici les résultats obtenus dans l'acide acétique comme solvant en faisant varier la qualité et la quantité de platine :

Cétones.	En présence de thymol			En présence de crésol
	1^g Pt A.	0^g5 Pt A.	1^g Pt B.	1^g Pt C.
Nonanone.............	87	84	62	23
Méthyloctanone........	71	69	48	11
Diméthylheptanone....	48	—	23	5
Tétraméthylpentanone..	39	—	15	3

Ce Tableau montre qu'en changeant la quantité ou la qualité du platine, la nature du corps étalon, on obtient des nombres variables d'une série à l'autre, mais un classement constant, celui que fait prévoir la théorie de l'empêchement stérique.

Formation d'oximes. — Nous avons comparé également la vitesse de formation des oximes de ces cétones : on dissout une molécule de cétone et une molécule de chlorhydrate d'hydroxylamine dans l'alcool aqueux; on maintient le mélange à température constante; sur des prélèvements faits de temps en temps on titre à l'hélianthine l'acide chlorhydrique libéré.

Le Tableau ci-dessous résume les résultats obtenus à 0°.

Oxime pour 100.

Temps.	Nonanone.	Méthyl-octanone.	Diméthyl-heptanone.	Pivalone.
10 minutes.......	18,5	5	3,1	0
100 »	43,4	16,2	10,8	0
24 heures........	71,8	46,7	27,4	0
72 »	71,8	56,4	31,6	0

(1) Voir Vavon et Husson, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 989.

L'étude de la phénylhydrazone conduit à de semblables résultats. MM. Haller et Bauer avaient déjà indiqué que la pivalone ne donnait ni oxime ni phénylhydrazone (*loc. cit.*).

En résumé, la formation d'oximes, de phénylhydrazones à partir des cétones étudiées, ainsi que l'hydrogénation catalytique de ces cétones suivent la loi de l'empêchement stérique. Toutefois, cet empêchement se manifeste à un degré moindre dans le cas des deux autres réactions.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la quantité et la nature des gaz dégagés par les combustibles solides sous l'action de la chaleur et du vide : Anthracites.* Note [1] de M. **P. Lebeau**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Communication, nous avons décrit un procédé de fractionnement thermique des gaz résultant de la carbonisation des combustibles solides [2].

L'application de ce procédé à des combustibles types de provenance connue, nous a déjà fourni un certain nombre de résultats que nous résumerons dans la présente Note.

Les volumes gazeux que l'on obtient en totalisant les volumes dégagés à chaque température du fractionnement thermique, pour quelques-uns des combustibles étudiés, sont consignés dans le Tableau ci-dessous, où nous avons également mentionné la teneur de ces combustibles, en matières volatiles, en cendres et en humidité [2].

	Volume extrait (mètres cubes par tonne).				
	à 1000°.	à 1200°.	Matières volatiles.	Humidité	Cendres.
Bois de chêne	170,345			9,70	0,20
Bois de pin	142,130			14,10	0,16
Tourbe du Gers*	266,100		48,12	8,58	13,01
Lignite de Montferrat*	228,270		25,14	19,84	13,91
Lignite de Saint-Paulet-du-Caisson*.	242,070		32,60	21,13	13,71
Altenwald gras*	309,400		32,60	0,97	1,72
Griesborn maigre*	280,700		35,28	4,52	5,07

(1) Séance du 9 juillet 1923.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 319.

	Volume extrait (mètres cubes par tonne). à 1000°.	à 1200°.	Matières volatiles.	Humidité.	Cendres.
Anthracites de Saint-Martin-de-Valgalgues (Gard) :					
Couche Mi	295,910	353,910	8,40	0,82	1,84
Grande couche	285,500	328,100	8,90	1,40	6,74
Couche Jeanne	260,740	320,600	9,00	1,10	3,66
Fines de qualité moyenne	301,980		8,50	0,82	11,20
Fines de dégagement	257,650	292,520	9,00	0,77	20,14
Anthracite de la Mure* : 1923	100,574		2,43	4,92	2,04
» 1891*	92,458		5,44	4,70	8,68
Anthracite du Pays de Galles* (1)	278,065	318,595	7,72	0,75	1,47

Il est à remarquer que les volumes gazeux fournis par les divers combustibles ne sont nullement fonction de leur teneur en matières volatiles. Les anthracites, qui sont les charbons les plus pauvres en matières volatiles, peuvent donner des volumes gazeux du même ordre de grandeur que la houille grasse. L'anthracite de La Mure se comporte toutefois de façon différente : le volume des gaz recueillis jusqu'à 1000° est beaucoup plus faible et le maximum du dégagement se produit vers 900°, alors qu'il a toujours été atteint à 800° pour les autres échantillons examinés. Il semble que cet anthracite a dû subir, au cours des diverses périodes géologiques, une sorte de cokéfaction naturelle. En dehors de ce cas exceptionnel, toutes les courbes représentatives du fractionnement thermique des gaz de la carbonisation que nous avons tracées, sont caractéristiques des combustibles de même type et peuvent intervenir utilement pour leur classification.

Il était à prévoir que la connaissance exacte de la composition des gaz dégagés aux diverses étapes du fractionnement thermique de la carbonisation pouvait fournir d'utiles indications au point de vue de l'utilisation rationnelle des combustibles. Nous donnerons aujourd'hui les résultats relatifs à l'étude des produits gazeux dégagés par les anthracites.

Dans les conditions de nos expériences une tonne d'anthracite du Pays de Galles donne, jusqu'à 1000°, 278^{m^3} d'un mélange gazeux contenant 250^{m^3} d'hydrogène, soit 90 pour 100, et jusqu'à 1200°, 318^{m^3} renfermant 291^{m^3} d'hydrogène, soit 91,4 pour 100 en volume.

Les gaz des anthracites de Saint-Martin-de-Valgalgues contiennent aussi

(1) Les analyses des combustibles dont le nom est suivi d'un astérisque nous ont été communiquées par M. Malher.

une proportion d'hydrogène voisine de 90 pour 100 en volume. Il en est d'ailleurs de même pour ceux de l'anthracite de La Mure.

Les autres constituants gazeux sont :

1° L'anhydride carbonique pour une proportion allant de 1 à 5 pour 100. Ce gaz n'existe généralement plus dans les produits de la carbonisation à partir de 700°.

2° L'oxyde de carbone pour une proportion de 1 à 2 pour 100. Ce composé ne se rencontre plus qu'à l'état de traces dans les gaz extraits au-dessus de 800°. Au-dessus de cette température il nous est arrivé de ne plus trouver de gaz carbonique décelable à l'eau de baryte après la combustion eudiométrique.

3° Le méthane et ses homologues immédiats sont peu abondants et ne se rencontrent généralement plus en quantité notable dans les gaz recueillis au-dessus de 800°.

Les carbures éthyléniques n'ont pas été rencontrés dans les gaz de carbonisation des anthracites étudiés.

En résumé, les combustibles solides fournissent dans leur carbonisation des volumes gazeux qui ne sont pas fonction de leur teneur en matières volatiles. C'est ainsi que les anthracites peuvent fournir des volumes gazeux du même ordre de grandeur que les houilles grasses, bien que renfermant de 4 à 5 fois moins de matières volatiles.

Les mélanges gazeux provenant de la carbonisation des anthracites renferment généralement une proportion d'hydrogène voisine de 90 pour 100, et on peut les envisager comme susceptibles de concourir à la production de l'hydrogène nécessaire pour la synthèse de l'ammoniac.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques en Angola et en Rhodésia par la Mission Rohan-Chabot*. Note de M. DE **ROHAN-CHABOT**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures ont été effectuées pendant les années 1912 et 1913 dans le sud de l'Angola et l'ouest de la Rhodésia, de l'Atlantique au Zambèze.

Les stations sont au nombre de 47 dont 44 en Angola. En exceptant la station Bulawayo, elles se répartissent dans une région comprise entre le 13e et le 18e parallèle sud, du 12e au 26e degré de longitude est.

La mission avait à sa disposition un théodolite magnétique Chasselon petit modèle n° 69 et une boussole d'inclinaison Chasselon n° 74.

Le théodolite magnétique a été comparé aux appareils fondamentaux de l'Observatoire du Val-Joyeux au départ, en mars 1912 et au retour, en septembre 1914.

Le Tableau suivant donne les coordonnées géographiques approximatives [1] de chaque station, et les éléments magnétiques (déclinaison, inclinaison et composante horizontale) à la date de l'observation.

Stations.	Dates.	Latit. sud.	Long. est de Gr.	D. ouest.	I. sud.	H.
		° ′ ″	° ′ ″	° ′	° ′	
Bulawayo	12 déc. 1913	20.10.2	28.33.10	»	54.13	0,2100
Chibia	16 juill. 1912	15.12	13.42	19. 2	45.14	0,2281
Cuanza	6 avril 1913	13.51	17.21	16.25	44.23	0,2322
Dongo	30 déc. 1912	14.35	15.45	18.26	45.13	0,2296
Hingwé	26 juin 1913	15.40	19.56	17. 2	46.34	0,2248
Huilla	5 août 1912	15. 5	13.31	19.22	»	»
Kamuiri	12 avril 1913	14.15	17.57	16.38	45.36	0,2291
Kapelongo	17 déc. 1912	14.53	15. 5	18.46	»	0,2292
Kapwi	22 juill. 1913	15.11	21.27	16.21	47. 6	0,2282
Katiipela	20 oct. 1912	16.57	14.48	»	47.43	0,2226
Kubya	4 juill. 1913	15.49	20.57	»	48. 4?	0,2250
Kwando	13 juill. 1913	15.56	21.48	16.48	»	0,2244
Kwando-Kumbulé	29 juill. 1913	15. 6	21. 5	16.34	47. 0	0,2284
Kwando-Lomba	17 juill. 1913	15.41	21.35	»	47.49	»
Kwatiri-Linkula	12 mai 1913	16. 8	18. 3	17.52	47.13	0,2244
Kwatiri-Lwatuta Wakama	16 mai 1913	16.32	18.20	18.11	47.56	0,2214
Kwatiri-Munampengo	7 mai 1913	15.37	18.20	17.35	47.24	0,2236
Kwatiri-Tchikocho	10 mai 1913	15.53	18.18	17.28	47.10	0,2244
Kweley	11 mars 1913	14.51	17.26	17.29	45.31?	0,2278
Kweyo-Tchikochu	2 mai 1913	15.28	18. 2	»	46.47	0,2267
Kwito-Gandu	5 oct. 1913	17. 2	19.33	18.18	48.40	0,2208
Kwito-Palé	31 mai 1913	16.00	19.13	17.27	47.33	0,2234
Kwito-Tchambinja	10 juin 1913	15.19	19.18	17.12	47. 2	0,2240
Kwito-Tchichutué	24 mai 1913	16.38	19. 5	»	48.25	»
Litu	27 mai 1913	16.34	19. 6	17.54	»	0,2205
Loengwé-Lumuna	21 oct. 1913	17. 0	21.19	17.30	49.31	0,2194
Lomba	9 août 1913	15.37	20.36	17. 5	47.26	0,2271
Longa-Machongwé	21 mai 1913	16.15	18.51	17.52	47.55	0,2233
Lwatuta Wandendé	27 avril 1913	15.14	18.16	17.33	46.35	0,2262
Luiana	10 nov. 1913	17.20	22.49	16.29	50.32	0,2178
Lumuna-Kucho	13 oct. 1913	17. 0	20.26	17.49	49. 5	0,2200

[1] Les coordonnées définitives et le détail des observations seront publiés avec les résultats scientifiques de la mission.

Stations.	Dates.	Latit. sud.	Long. est de Gr.	D. ouest.	I. sud.	H.
		° ′	° ′	° ′	° ′	
Lwankundu-Makovo	4 sept. 1913	16.24	20.53	17. 5	48.22	0,2238
Lwankundu-Waniomba	14 sept. 1913	16.22	20.21	17.30	48.14	0,2238
Lwasingwa	17 avril 1913	14.37	18.14	17. 7	45.42	0,2285
Makuta	3 avril 1913	14.11	17.31	17. 3	45.21	0,2312
Matuko	27 mai 1912	14.46	13.19	»	44.29	0,2302
Matungu-Kapembé	28 août 1913	16. 7	21. 2	17.17	47.53	0,2256
Menong	22 mars 1913	14.39	17.42	17.37	45.35	0,2292
Mossamedès	16 mai 1912	15.12.18″	12. 7.53″	19.24	44.15?	0,2255
Néongo	13 nov. 1912	16.12	15.14	»	47.23	0,2231
Omkombo	26 août 1912	16.15	14.14	19. 6	47.29	0,2214
Patrona	17 juin 1912	14.33	13. 8	18.58	44. 2	0,2302
Quedas Montenegro	29 sept. 1912	17. 0	13.19	20.55	»	0,2201
Sesheké	30 nov. 1913	17.31	24.46	16.31	50.38	0,2199
Tchipala	11 janv. 1913	13.55	16. 8	17.11	44.24	0,2315
Tiilandangombé	23 avril 1913	14.54	18.21	17.39	45.57	0,2284
Victoria Falls	18 déc. 1913	17.56	25.45	16.13	52.16?	0,2139

PHYSIOLOGIE. — *Sur la différence des sérums pathologiques et normaux et la propriété autophylactique de ces derniers.* Note de MM. **Fernand Chodat** et **A. Kotzareff.**

M. R. Chodat a montré au cours d'une série de travaux (¹) tout le parti qu'on peut tirer de l'application de son réactif paracrésol-tyrosinase à l'étude de la dégradation progressive des protéiques. En présence de ce réactif, les protéiques solubilisés fournissent une réaction colorée rouge dont l'intensité est sensiblement proportionnelle au degré de protéolyse; lorsque cette dernière a dépassé le stade peptone, la réaction fournit une teinte violacée puis bleue avec dichroïsme rouge, soit le crésol-azur qui est d'autant plus rapide à apparaître qu'il y a moins de peptone et plus d'acides aminés. Ce réactif permet également, pour peu qu'on fasse des essais comparatifs, d'évaluer les moindres changements survenus dans l'agrégation des complexes protéiques. Nous avons appliqué cette méthode à l'étude des diffé-

(¹) R. Chodat, *Nouvelles recherches sur les ferments oxydants. La crésol-tyrosinase réactif des peptides, polypeptides et de la protéolyse* (*Arch. des Sc. phys. et naturelles*, t. 33, 1912, n° 1, p. 70). — R. Chodat et R.-H. Kummer, *Ueber den Nachweis von Peptiden im Harn mittels der p-Kresol-Tyrosinase Reaktion* (*Biochem. Zeitsch.*, B. 654, Heft 5 et 6). — A. Breslauer, *Recherches sur l'application du réactif de Chodat* (*Bull. de la Soc. Bot. de Genève*, 1916).

rences que pouvaient présenter les sérums normaux et pathologiques. Nous nous sommes aperçus que, tandis que les sérums normaux tardent à fournir le rougissement de la réaction, ceux provenant d'individus atteints en particulier du cancer et d'autres maladies, reconnues par d'autres signes cliniques, réagissent presque immédiatement et avec une grande intensité.

Il devenait évident que dans les sérums pathologiques (cancer surtout) certains constituants avaient subi une dégradation profonde indiquant une sorte de protéolyse plus ou moins avancée selon l'évolution de la maladie.

Le réactif de Chodat devenait ainsi, par sa simplicité et sa sensibilité, un indicateur précieux des transformations subies par le sérum sanguin. Comme on le verra plus loin le réactif peut servir à reconnaître, au cours d'un traitement, les progrès de la guérison clinique; nous avons pu nous en assurer par l'examen des sérums d'individus dont la réaction primitivement positive est devenue négative à la suite du traitement, la diminution de la réaction coïncidant avec l'amélioration visible du sujet. On a fait remarquer que l'étude des sérums ne renseigne pas absolument sur la nature du sang, puisqu'au cours de la coagulation les produits solubles sont en majeure partie adsorbés par la fibrine et les éléments figurés (1); nous avons pu nous-mêmes nous en rendre compte par le fait que jamais nous n'avons pu observer le stade bleu si typique pour la présence d'acides aminés. Réserve étant faite sur l'exactitude d'une mesure de la totalité des corps solubilisés du tissu sanguin dans le sérum, il reste cependant le fait que les sérums pathologiques (cancer, syphilis, éclampsie) manifestent une dégradation plus ou moins forte que l'on peut évaluer par la vitesse et l'intensité de la réaction. Au cours de ce travail nous nous sommes demandé si l'alexine ne serait pas de nature à modifier la réaction.

Nous avons dès lors porté les sérums normaux et pathologiques pendant 30 minutes à la température de 56° pour détruire l'alexine : toute chose étant égale d'ailleurs, les sérums pathologiques à réaction positive forte ne montrent qu'une différence minime ou nulle entre ceux qui ont été chauffés et ceux qui ont été laissés à la température ordinaire; au contraire les sérums normaux, qui tardent excessivement à fournir la réaction, réagissent après chauffage presque aussi vite que les sérums pathologiques. Après examen, nous avons renoncé à attribuer à la disparition de l'alexine le rôle essentiel dans l'apparition de notre réaction. Comment en effet un sérum syphilitique,

(1) B. Sbarsky, *Adsorption von Eiweisabbauprodukte durch die Formelemente des Blutes in vivo und vitro* (*Biochemische Zeitschrift*, B. 135, 1923, p. 21).

qu'on ne peut considérer comme dépouillé de son alexine, eût-il pu fournir les fortes réactions que nous avons observées? Le chauffage à 56° n'a d'ailleurs pas pour seul effet de détruire l'alexine dans le sérum, mais d'y apporter de nombreuses modifications. Nous sommes donc en présence de deux phénomènes simultanés :

1° Protéolyse plus ou moins avancée de certains constituants des sérums pathologiques examinés (cancer surtout).

2° *a.* Une inhibition de la réaction paracrésol-tyrosinase par le sérum normal, inhibition que la chauffe à 56° fait disparaître. — *b.* Absence d'inhibition par le sérum pathologique.

Il ne sera pas téméraire, nous semble-t-il, de dire que la différence primaire entre les sérums normaux et les sérums pathologiques examinés consiste en la disparition d'un facteur d'inhibition de l'action ferment (dans ce cas tyrosinase). Le sérum normal serait protégé, de même que les éléments figurés des tissus de l'organisme, par une *autophylaxie* susceptible de disparaître au cours de maladies graves. On verra plus loin qu'à la suite de traitements (curiethérapie), cette autophylaxie peut progressivement réapparaître. Quel est le mécanisme de cette inhibition? On est en droit d'invoquer, pour les sérums chauffés d'après von Liebermann [1], l'augmentation de l'alcalinité; cependant, l'optimum d'action de la tyrosinase est situé au p_H 6,2 [2].

La diminution de la tension superficielle des sérums chauffés (Traube) [3] peut aussi jouer un rôle. Mais alors il conviendrait de supposer parallèlement les mêmes modifications physico-chimiques dans les sérums pathologiques. Y a-t-il une relation entre l'alexine et les phénomènes *autophylactiques*? C'est ce que des recherches ultérieures pourront décider. On ne peut passer sous silence, enfin, le désaccord partiel entre les faits par nous observés à propos du pouvoir antityrosinase du sérum et ceux relatifs à la fonction antiprotéolytique du sérum. Suivant Brieger et Trebing [4], l'indice antitryptique s'élèverait au cours de certaines affections, et en particulier du cancer.

Observations. — 22 sérums cancéreux, 16 cas à évolution rapide : réac-

---

(1) Cité par BORDET, *Traité de l'Immunité*, Paris, 1920, p. 450.

(2) F. WYSS, *Contribution à l'étude de la Tyrosinase* (*Thèse de l'Institut botanique de Genève*, 1921).

(3) Cité par ZUNZ, *Considérations physico-chimiques sur l'Anaphylaxie* (*Bull. Soc. roy. des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles*, 6 novembre 1922).

(4) Cités par BORDET, *Traité de l'Immunité*, Paris, 1920, p. 397.

tion franchement positive; 3 cas à évolution lente; réaction faiblement positive; 3 cas : réaction négative; *a*, après guérison clinique par extirpation et curiethérapie; *b*, carcinome enlevé depuis 6 semaines; *c*, carcinome utérin (plus tard cependant réaction positive).

Si la réaction se maintient positive, après traitement par rayons X et radium, elle disparaît après intervention chirurgicale ou injection d'autosérum chargé d'émanations.

Dosage des réactifs. — Paracrésol $\frac{1}{250}$, 2^{cm^3}; sérum, 25 gouttes; tyrosinase physiologique pure, 15 gouttes.

PARASITOLOGIE. — *Sur une nouvelle flagellose d'Insecte et un processus d'infestation naturelle non encore décrit.* Note [1] de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

On connaît de nombreuses espèces de *Leptomonas* parasites des Insectes, mais la plupart sont des hôtes du tube digestif. Trois espèces seulement ont été décrites comme parasites de la cavité générale : *Herpetomonas* (= *Leptomonas*) *bombycis* Lev. trouvé une fois par Levaditi dans la cavité générale d'un papillon de *Bombyx mori*, mais jamais isolé depuis; *Herpetomonas* (= *Leptomonas emphyti* Hol., rencontré une fois aussi par Hollande dans le sang d'une larve d'*Emphytus cinctus;* enfin, *Leptomonas pyrrhocoris*, décrit par Zotta et trouvé assez fréquemment par cet auteur dans la cavité générale des *Pyrrhocoris apterus*.

En étudiant le sang des chenilles d'*Agrotis pronubana* récoltées à Saint-Genis-Laval, nous avons reconnu l'existence d'une véritable flagellose affectant une proportion assez importante d'entre elles, mais d'allure bénigne et incapable d'entraîner la mort des individus parasités. L'agent de cette flagellose est un *Leptomonas* auquel nous proposons de donner le nom de *Leptomonas chatoni*. Comme les autres espèces du même genre, il donne naissance à un certain nombre de formes très différentes les unes des autres. La figure 1 représente les principales formes engendrées au cours de son évolution : on distingue d'abord les individus aciculés (1-3), très mobiles, pourvus d'un long flagelle, à corps ténu, allongé, dans l'intérieur duquel on distingue un noyau allongé et un blépharoplaste globuleux; le flagelle n'est pas en rapport direct avec le blépharoplaste; on observe quelque-

[1] Séance du 6 août 1923.

fois à sa racine un grain chromatophile (grain géminé de Léger). La présence de corpuscules métachromatiques n'est pas constante non plus que leur nombre et leur place dans le cytoplasme; les individus aciculés se transforment en individus plus renflés (4-7), peu mobiles ou même complètement immobiles, pourvus d'un court flagelle; le noyau devient globu-

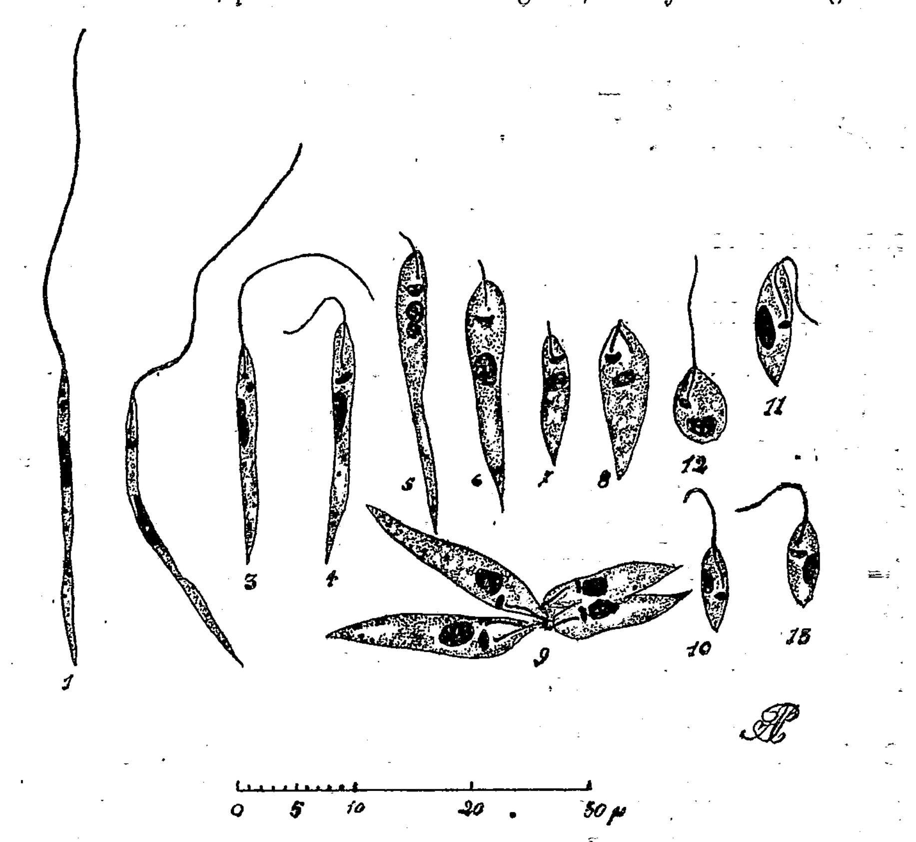


Fig. 1. — Formes de croissance et de division de *Leptomonas chatoni* nov. sp. : 1-3, individus aciculés à long flagelle; 4-8, formes à court flagelle seules capables de se diviser; 9, rosette à quatre individus, deux en voie de division; 10-13, formes courtes à long flagelle.

leux et le blépharoplaste s'allonge transversalement; ces formes sont les seules qui se divisent; il existe enfin des formes plus trapues que les précédentes (10-13), ovales, plus ou moins allongées, pourvues d'un flagelle assez long; le blépharoplaste est généralement allongé transversalement; il est souvent situé en avant du noyau, mais aussi parfois au même niveau ou même en arrière de celui-ci.

Nous avons pu observer *in vitro*, dans le sang vivant des chenilles, les différentes phases de la division des formes renflées; les principales sont

figurées ci-dessous (*fig.* 2). Les cellules-filles restent unies plus ou moins longtemps par leur flagelle; elles peuvent même se diviser à nouveau avant complète séparation et il se constitue ainsi des rosettes à plusieurs individus.

Toutes les chenilles atteintes de flagellose étaient en même temps parasitées par une larve d'Ichneumonide, l'*Amblyteles armatorius* Först.; par contre, toutes les chenilles non parasitées étaient indemnes de Flagellés. Il existe donc une relation certaine entre la présence du Flagellé parasite et celle de l'Ichneumon. On peut admettre, mais nous n'avons pu encore en faire la démonstration, que l'Ichneumon infecté inocule le parasite en pondant dans la cavité générale des chenilles et assure ainsi la transmission de la maladie. Le processus d'infestation différerait essentiellement de ceux

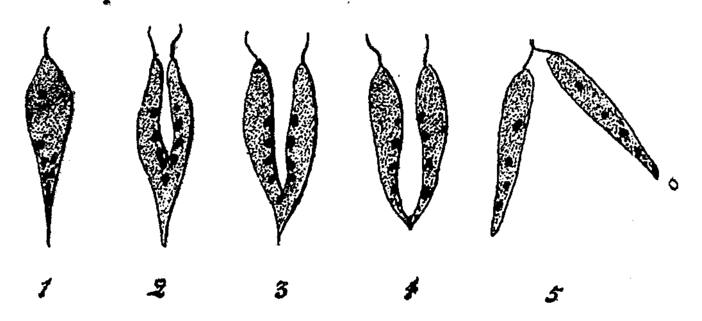


Fig. 2. — Division par scissiparité de *L. chatoni* : 1, 11 heures 1/2; 2, 12 heures 1/2; 3, 12 heures 45; 4, 12 heures 50; 5, 13 heures.

décrits jusqu'ici; il différerait des processus d'infestation concernant certains Hématozoaires, en particulier celui du paludisme; en effet, l'*Amblyteles* ne joue que le rôle de vecteur et ne constitue pas, comme l'*Anopheles* vis-à-vis de l'Hématozoaire du paludisme, un élément indispensable dans l'évolution du parasite.

Nous n'avons pas observé les formes de résistance que beaucoup d'auteurs ont décrites en étudiant les *Leptomonas;* nous n'avons pas observé non plus de phénomène de conjugaison proprement dit.

Une assez grande proportion de *Leptomonas* sont phagocytés par les micronucléocytes du sang d'*Agrotis*; mais, comme nous l'avons montré dans une Note à la Société de Biologie [1], cette réaction ne peut être considérée comme une manifestation de l'activité vitale des micronucléocytes.

---

[1] *C. R. Soc. Biol.*, t. 88, 1923, p. 1046.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Persistance du neurovaccin dans le testicule, l'ovaire et le poumon des animaux ayant acquis l'immunité antivaccinale.* Note [1] de MM. C. LEVADITI et S. NICOLAU, présentée par M. Roux.

L'inoculation du neurovaccin sur la peau épilée et rasée du lapin provoque une éruption vaccinale dont les caractères particuliers et l'évolution ont été décrits ailleurs [2]. L'injection du même virus dans la circulation générale d'un lapin préalablement épilé, détermine un exanthème vaccinal localisé sur la peau démunie de poils et, parfois, sur la muqueuse buco-pharyngée [Calmette et Guérin [3], L. Camus [4], Levaditi et Nicolau (*loc. cit.*)]. De plus, le neurovaccin se développe, chez ces animaux, dans le poumon, le foie, les capsules surrénales, et, principalement, dans les organes générateurs, *testicule* et *ovaire*, tandis qu'elle ne pullule pas dans les tissus d'origine mésodermique. Quant au névraxe, il reste à l'abri de l'infection aussi longtemps que le virus est insuffisamment adapté au système nerveux. Par contre, le cerveau devient un riche milieu de culture, lorsque l'adaptation neurotrope du germe est parfaite [Levaditi et Nicolau [5]].

Qu'il s'agisse d'inoculation cutanée ou d'infection par voie veineuse, les animaux qui survivent acquièrent l'état réfractaire. Réinoculés sur la peau, dans le cerveau ou dans le testicule, ils ne réagissent plus. L'immunité cérébrale apparaît du 6e au 7e jour et il en est de même de celle du revêtement cutané et de la glande séminale [Levaditi et Nicolau [6]].

Nous nous sommes demandé si l'état réfractaire acquis de la peau, du névraxe et du testicule, traduisait une stérilisation totale de l'organisme; si, en d'autres termes, au moment précis où le revêtement cutané devient capable de détruire les germes vaccinaux venus de dehors, le testicule, l'ovaire et le poumon se débarrassaient, eux aussi, du vaccin qu'ils renfer-

---

(1) Séance du 13 août 1923.

(2) LEVADITI et NICOLAU, *Annales Inst. Pasteur*, t. 37, 1923, p. 1.

(3) CALMETTE et GUÉRIN, *Annales Inst. Pasteur*, t. 15, 1901, p. 161.

(4) L. CAMUS, *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, t. 17, 1917, 1918, p. 244.

(5) LEDADITI et NICOLAU, *C. R. de la Société de Biologie*, juillet 1923.

(6) LEVADITI et NICOLAU, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1768.

maient depuis les premiers jours de l'infection. Voici les résultats fournis par l'expérience :

Technique. — Des lapins ayant reçu 1^{cm^3} à $1^{cm^3},5$ de neurovaccine par *voie intra-veineuse* sont épilés sur la peau du flanc. Le 3e jour, exanthème vaccinal typique. Les animaux sont sacrifiés à des intervalles variables, alors qu'*ils se montrent réfractaires à une inoculation de vaccin pratiquée sur la peau.* Les organes servent à préparer des émulsions épaisses, que l'on inocule sur la peau épilée et rasée de lapins neufs, et aussi dans le cerveau d'autres animaux de la même espèce ($0^{cm^3},2$). On procède de la même manière avec des lapins infectés par *voie cutanée*, avec le même neurovaccin.

EXPÉRIENCE I. — *Inoculation intra-veineuse.* — *Sept* lapins, infectés par voie veineuse, ayant présenté une belle éruption vaccinale et tous devenus réfractaires à une inoculation cutanée massive, sont sacrifiés le 11e, le 13e, le 15e, le 17e, le 19e et le 21e jour après l'inoculation. *Chez six d'entre eux nous avons décelé une quantité parfois considérable de vaccin soit dans le testicule, soit dans l'ovaire.* Le *poumon* contenait d'assez nombreux germes, chez *trois* lapins sur sept. Par contre, dans tous les cas examinés, le cerveau était stérile et il en fut de même des organes hémato-poïetiques (rate, moelle osseuse, ganglions), des capsules surrénales, du foie, du rein et du sang du cœur.

EXPÉRIENCE II. — *Inoculation cutanée.* — *Huit* lapins inoculés avec succès sur la peau, et devenus réfractaires à l'égard d'une infection cutanée massive, sont sacrifiés le 9e, le 11e, le 15e, le 49e, le 74e, le 114e et le 118e jour.

Nous avons constaté la présence de quantité appréciable de vaccin dans le *testicule* et l'*ovaire* chez quatre animaux sacrifiés du 9e au 15e jour, alors que le cerveau de ces animaux était stérile. Chez les lapins sacrifiés au delà du 15e jour, tous les organes examinés étaient dépourvus de virus.

Ces expériences montrent que *le neurovaccin peut végéter dans le testicule, l'ovaire et aussi, quoique plus rarement, dans le poumon, à un moment où la peau et le cerveau ont déjà acquis l'immunité.* Il se forme ainsi de véritables *réservoirs de germes*, précisément dans les tissus pour lesquels ces germes offrent une affinité élective. Ces réservoirs finissent par se tarir à leur tour, et c'est alors seulement que la stérilisation de l'organisme devient totale et que l'immunité se généralise (après le 15e jour chez les animaux infectés par voie cutanée, après le 21e jour chez les lapins inoculés dans les veines).

On peut penser qu'un virus capable de végéter dans le testicule ou l'ovaire d'un animal dont l'ectoderme est immun, se transforme en une *variété de vaccin résistante aux anticorps*, analogue aux variétés anticorps-résistantes de spirilles et de trypanosomes qui provoquent les récidives

dans les spirilloses et les trypanosomiases. Il n'en est rien. D'abord, il nous a été impossible de créer une variété de neurovaccin résistant aux anticorps, par la méthode des mélanges de sérum anti-vaccinal et de virus, *in vitro*. Ensuite, nous avons examiné la virulence (tant pour des lapins rendus réfractaires à la vaccine, que pour des lapins neufs) du virus qui avait pullulé dans le testicule ou l'ovaire d'un animal dont la peau avait acquis l'immunité. Inoculé soit sur la peau, soit dans le cerveau, ce virus s'est comporté comme le neurovaccin habituel : il était avirulent pour les lapins immuns et fortement actif pour les animaux neufs.

Il s'ensuit que le neurovaccin peut végéter dans certains tissus sans changer de propriétés, à un moment où d'autres tissus jouissent déjà d'un état réfractaire solide. *Dans le vaccin, comme dans d'autres ectodermoses neurotropes, l'immunité procède par étapes*, un système tissulaire étant capable de se vacciner avant d'autres groupes de cellules. D'ailleurs, la disparition de l'état réfractaire acquis, s'effectue elle aussi par étapes, ainsi que nous l'avons montré récemment [1]. *L'immunité est donc loin de représenter un tout homogène; elle se décompose en de multiples immunités tissulaires, qui naissent et qui s'effacent indépendamment les unes des autres.*

La séance est levée à 3^h 10^m.

A. Lx.

[1] Levaditi et Nicolau, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1768.

ERRATA.

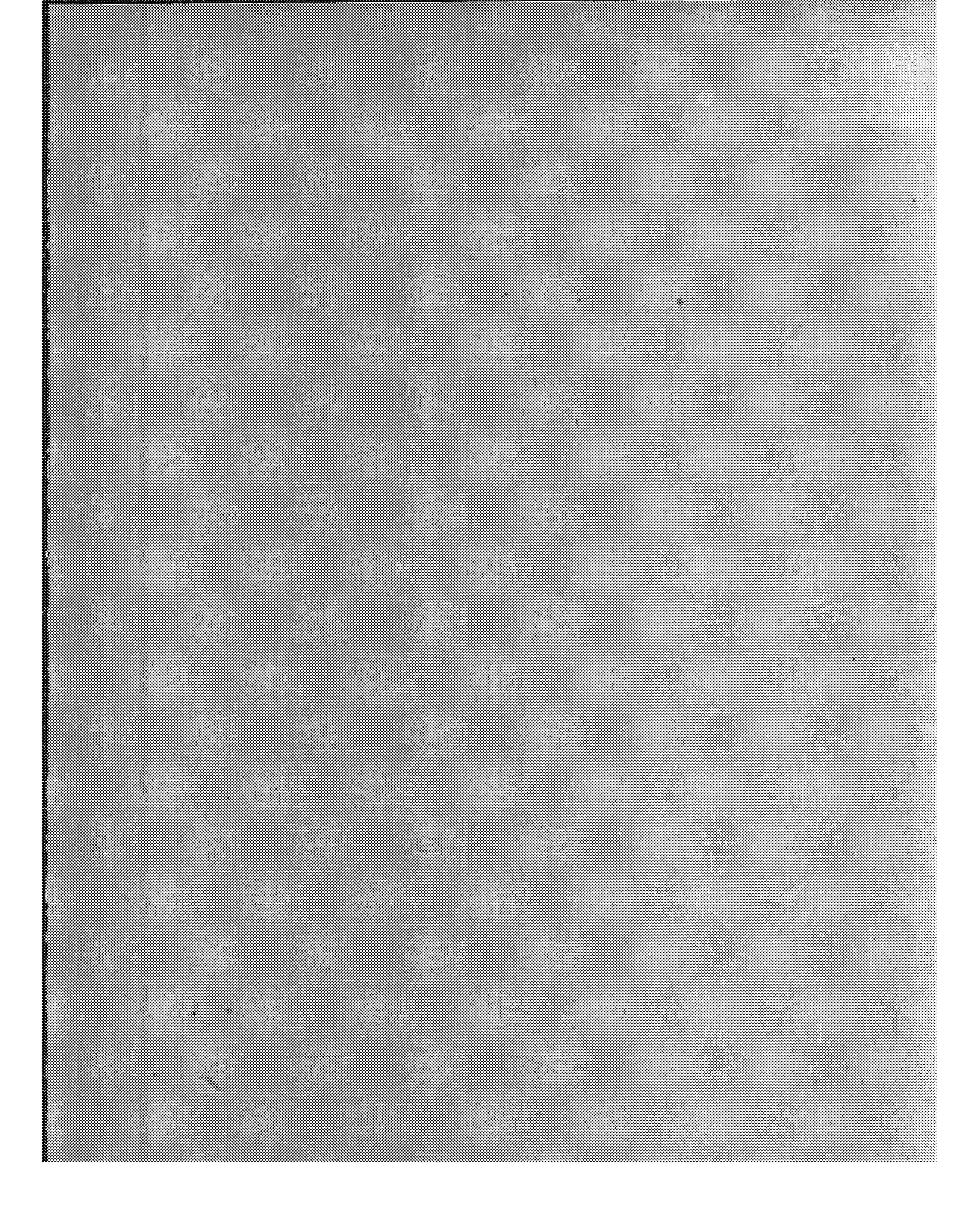
(Séance du 30 juillet 1923.)

Note de M. *L. Bert*, Le bromodiphénylméthane et la réaction de Grignard :

Page 324, ligne 3, *au lieu de* L.-H. Corre, *lire* L.-H. Cone.

Page 325, ligne 11, *au lieu de* blanc-cristallin, *lire* blanc, cristallin; ligne 29, *au lieu de* nouvelle, *lire* usuelle.

Page 326, ligne 12, *au lieu de* benthydrol, *lire* benzhydrol; ligne 35, *au lieu de* sulfate de diméthylique, *lire* sulfate diméthylique.



N° 8.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 20 Août 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. A. Lacroix. — La constitution du banc de Rockall 437

M. Charles Richet. — Influence de l'ablation de la rate dans les cas d'alimentation défectueuse 441

M. Paul Vuillemin. — Variation et fluctuation dans le nombre des stigmates de *Papaver* 444

NOMINATIONS.

M. Jacques Loeb est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies qui auront lieu en commémoration du professeur *Joseph Leidy*, en décembre prochain. 445

CORRESPONDANCE.

M. Charles Nordmann. — Sur le mécanisme du vol à voile et la morphologie des oiseaux voiliers 446

M. N. Vasilesco Karpen. — La force électromotrice des piles, l'affinité chimique et l'attraction moléculaire 449

M. L. Bert. — Préparation et application à des synthèses organiques du magnésien du *p*-bromocumène 452

MM. G. Vavon et D. Ivanoff. — Hydrogénation catalytique et empêchement stérique. Étude de quelques nonanones. 453

M. P. Lebeau. — Sur la quantité et la nature des gaz dégagés par les combustibles solides sous l'action de la chaleur et du vide : Anthracites 456

M. de Rohan-Chabot. — Mesures magnétiques en Angola et en Rhodésia par la Mission Rohan-Chabot 458

MM. Fernand Chodat et A. Kotzareff. — Sur la différence des sérums pathologiques et normaux et la propriété autophylactique de ces derniers 460

M. A. Paillot. — Sur une nouvelle flagellose d'insecte et un processus d'infestation naturelle non encore décrit 463

MM. C. Levaditi et S. Nicolau. — Persistance du neurovaccin dans le testicule, l'ovaire et le poumon des animaux ayant acquis l'immunité antivaccinale 466

Errata 468

70755 — 8-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 9 (27 Août 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AOUT 1923.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret autorisant l'Académie à accepter le legs qui lui a été consenti par *S. A. S. le prince Albert Ier de Monaco,* d'une somme de un million de francs, dont le prix devra servir à la fondation d'un prix décerné tous les deux ans.

Il est donné lecture de ce Décret.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations sur la fluorescence.* Note de M. **Jean Perrin**.

On sait que les solutions fluorescentes ne le sont pas forcément davantage quand elles sont plus concentrées. En fait, si la concentration augmente sans cesse à partir de zéro, la fluorescence augmente d'abord, mais de moins en moins vite, passe par un maximum pour une *concentration optimum*, puis décroît souvent jusqu'à s'annuler [1]. C'est ainsi que, dans le même rayonnement excitateur, une solution au dix-millième de « bleu fluorescent » manifestera une brillante fluorescence rouge, alors qu'une solution au vingtième restera obscure.

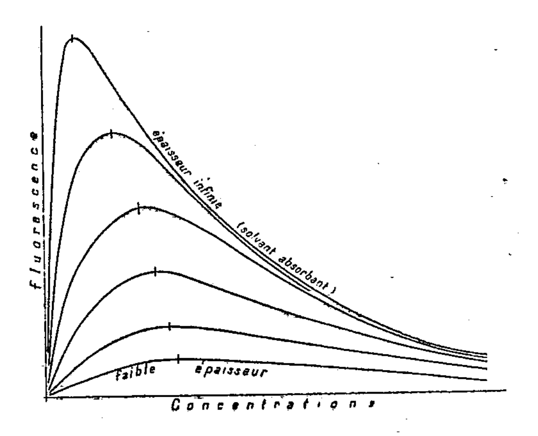
I. Un examen plus attentif montre que la concentration optimum dépend de l'épaisseur offerte aux rayons excitateurs [2]. Supposons la

---

[1] Ce phénomène, découvert par Stokes, se retrouve pour les phosphorescences excitées par les rayons cathodiques (Lecoq de Boisbaudran, G. Urbain).

[2] J. Perrin, *Fluorescence* (*Ann. de Phys.*, 1918).

solution dans une cuve à faces parallèles éclairée normalement à ces faces; si elle n'absorbe pas toute la lumière excitatrice, les dernières couches traversées étant encore lumineuses, la quantité de lumière émise changera si l'épaisseur change, et l'on conçoit que la concentration qui donne l'émission maximum puisse changer. Cette concentration optimum change en effet, augmentant quand l'épaisseur diminue, et paraît tendre vers une limite (7 à 8 centièmes pour l'uranine) quand cette épaisseur (devenue inférieure au micron) tend vers zéro. (En même temps, la valeur de l'émission maximum décroît, et tend vers zéro.) Si au contraire l'épaisseur grandit, la concentration optimum diminue (quelques dix-millièmes pour l'uranine, quand l'épaisseur est de l'ordre du centimètre). Elle pourrait



s'abaisser au-dessous de toute valeur fixée, pourvu que l'épaisseur fût assez grande, si le solvant était parfaitement transparent. Mais elle aura une valeur minimum définie dans le cas d'un solvant qui absorbe la radiation excitatrice ([1]) où la lumière émise. Propriétés qu'exprime le schéma ci-dessus : à chaque épaisseur correspond une *courbe de fluorescence*, et cette courbe s'affaisse à mesure que l'épaisseur décroît.

II. On pourrait supposer que la faible luminosité des solutions concentrées tient à ce qu'elles absorbent beaucoup de lumière : nous allons discuter l'influence de ce pouvoir absorbant et caractériser la fluorescence spécifique d'une solution par un coefficient mesurable où ne figure ni l'épaisseur ni le pouvoir absorbant de la solution.

Il suffit pour cela d'introduire ce que j'ai appelé le *pouvoir fluorescent* de la solution : considérons dans cette solution un volume assez petit (et assez

---

([1]) Ce qui est évidemment le cas de l'excitation par les rayons cathodiques.

ramassé) pour que l'intensité $\mathfrak{J}$ du rayonnement excitateur supposé parallèle y soit pratiquement uniforme. La lumière qu'émet la masse *dm* dissoute dans ce volume est proportionnelle à *dm*, et d'autre part (Knoblauch) proportionnelle à $\mathfrak{J}$; elle a donc la forme

$$\mathfrak{J}\Phi\, dm$$

et le coefficient Φ, ou de façon plus précisée $\Phi(c)$ mesure, dans le solvant donné, le pouvoir fluorescent ou, si l'on préfère, la *fluorescence spécifique*, de la substance dissoute de concentration c. On voit que c'est la lumière émise par l'unité de masse excitée par une lumière ayant l'unité d'intensité.

Mais cette lumière excitatrice peut varier en nature : le premier ultraviolet comme le bleu font luire en vert l'uranine et peut-être de façon inégalement changée par un changement de concentration. Alors il faudra définir un pouvoir fluorescent $\Phi(c, \lambda)$ pour chaque lumière excitatrice « monochromatique » $(\lambda, \lambda + \delta\lambda)$, la lumière émise par *dm* étant alors

$$\mathfrak{J}\,\delta\lambda\,\Phi(c, \lambda)\, dm.$$

Enfin le spectre de la lumière émise étant en général complexe, on pourra de même avoir à définir un pouvoir fluorescent $\Phi(c, \lambda, \lambda')$ en considérant une certaine couleur λ' dans le spectre de cette lumière. Par exemple on pourra, comme j'ai eu à le faire, comparer à diverses concentrations les pouvoirs fluorescents, dans le rouge, d'une substance excitée par de la lumière orangée.

III. La fluorescence spécifique peut se calculer d'après l'éclat des solutions, en tenant compte de leur pouvoir absorbant.

Pour cela, supposons de nouveau la solution dans une cuve à faces parallèles, où pénètre normalement une lumière monochromatique excitatrice d'intensité $\mathfrak{J}$.

A la distance h de la face d'entrée, l'intensité est $\mathfrak{J}e^{-ah}$, a étant le coefficient d'absorption de cette lumière. Le feuillet $(h, h + dh)$ émet, pour une certaine autre lumière monochromatique choisie dans le spectre de fluorescence, une quantité de lumière qui, par définition de Φ, est à un facteur près $e^{-ah}\Phi c\, dh$, et la fraction de cette lumière qui sortira par la face d'entrée de la cuve sera, à un facteur près (b étant son coefficient d'absorption),

$$e^{-ah}\Phi c\, dh\, e^{-bh} = \Phi\, e^{-(a+b)h} c\, dh.$$

La somme des quantités de lumière ainsi envoyées vers l'observateur par

une cuve d'épaisseur H sera donc, à un facteur près,

$$\Phi \frac{c}{a+b}[1 - e^{-(a+b)H}],$$

qui, pour une cuve d'épaisseur « infinie » (c'est-à-dire telle qu'un accroissement d'épaisseur n'augmente pas la lumière émise), se réduit à

$$\Phi \frac{c}{a+b}.$$

Si le solvant est transparent pour la lumière excitatrice et émise, et si la loi de Beer est exacte, c'est-à-dire si les coefficients a et b sont séparément proportionnels à la concentration, le terme $\frac{c}{a+b}$ est constant. La lumière reçue par un observateur placé en avant de la solution, pour une épaisseur infinie, ou plus simplement *l'éclat* de cette solution, mesure donc alors, à un facteur près, le pouvoir fluorescent : *éclat et pouvoir fluorescent sont proportionnels.*

Or nous venons de voir qu'en un solvant transparent cet éclat diminue sans cesse quand la concentration grandit : *le pouvoir fluorescent décroît donc à mesure que la concentration croît* (1).

IV. Mais ce raisonnement admet la loi de Beer. Certaines observations m'ayant donné des doutes à cet égard, j'ai cru devoir mesurer, pour diverses concentrations, les coefficients d'absorption a et b, ainsi que les rapports des éclats relatifs à ces concentrations. Trois séries correspondantes de déterminations photométriques ont été faites, en collaboration avec Mlle Choucroun, selon des dispositifs qui seront décrits ailleurs. Nous avons principalement opéré sur le « bleu fluorescent » dissous dans la glycérine, pour la longueur d'onde $0^{\mu},625$ (excitante) et pour la longueur d'onde $0^{\mu},65$ (émise).

Comme résultat général, les écarts avec la loi de Beer sont tout à fait insuffisants pour expliquer la décroissance de l'éclat quand la concentration grandit, et la proposition énoncée doit être maintenue.

Par exemple, l'éclat d'une solution de bleu fluorescent au deux-millième est 130 fois plus grand que celui d'une solution au centième. Or la loi de Beer est, dans cet intervalle, exacte à quelques centièmes près, tant pour

(1) *Annales de Physique*, 1918. Réciproquement, le pouvoir fluorescent augmente quand la dilution grandit et tend alors vers une limite, pratiquement atteinte pour des dilutions réalisables.

la lumière excitatrice (coefficient a) que pour la lumière émise (coefficient b, au reste négligeable vis-à-vis de a).

Le pouvoir fluorescent de la solution au deux-millième est donc largement plus de 100 fois plus grand que celui de la solution au centième : on voit combien le pouvoir fluorescent diminue vite au-dessus de certaines concentrations.

V. Je croyais pouvoir exprimer cette propriété en disant que le pouvoir fluorescent d'un corps diminue quand la distance moyenne de ses molécules diminue. Mais d'autres observations montrent que cette distance moyenne n'est pas le paramètre intéressant.

C'est d'abord le fait connu, sur lequel M. Levaillant a attiré mon attention, que certains cristaux, évidemment plus concentrés que leurs solutions, sont cependant beaucoup plus fluorescents que les plus concentrées de ces solutions. Tels sont l'anthracène, le phénanthrène, le naphtionate de sodium.

Fallait-il supposer que, au-dessus d'une certaine concentration, le pouvoir fluorescent, d'abord diminué ou même annulé, recommence à croître?

Pour le voir nous avons d'abord, M[lle] Choucroun et moi, observé l'anthracène liquide, qui forme la limite vers laquelle tendraient des solutions de plus en plus concentrées en anthracène, et qui est à peine moins dense que le cristal : or cet anthracène liquide n'est pas fluorescent.

De même, et plus facilement (fusion à 99°), j'ai maintenu en équilibre de contact des cristaux de phénanthrène et du phénanthrène liquide (forcément *à la même température*), éclairés, dans une salle obscure pour l'œil, par de l'ultraviolet filtré au travers d'un verre Wood : Les cristaux étaient alors très lumineux (fluorescence indigo) et le liquide était presque obscur.

Fallait-il alors supposer que la structure cristalline (parallélisme et distribution périodique des molécules) favorise la fluorescence? On bien ce qui importe est-il que le corps est *solide*, et non pas qu'il est cristallisé?

Il suffisait, pour trancher la question, d'amener à l'état vitreux un corps fluorescent dans l'état cristallin, mais obscur dans l'état de liquide pur ou de solution concentrée, et de voir si la fluorescence apparaîtrait.

J'y suis arrivé par surfusion du phénanthrène, en pulvérisant du phénanthrène liquide avec un « vaporisateur » à vernis, de manière à projeter de minuscules gouttelettes sur une tôle noircie. J'observais ces gouttelettes avec un objectif grossissant 15 fois, soit en éclairage ordinaire, soit sous la lumière ultraviolette. La plupart étaient cristallisées, avec l'aspect de porcelaine. Mais d'autres avaient l'aspect de billes de verre transparent et sans

défaut, et se révélaient solides sous l'aiguille à dissection : or elles étaient aussi fluorescentes que les cristaux.

Dans le même ordre d'idées, et comme l'esculine en poudre est fluorescente, alors que ses solutions concentrées ne le sont pas, j'ai immergé dans l'air liquide des solutions alcalines concentrées (10 et 20 pour 100) d'esculine dans la glycérine. Ces solutions, qui dans l'état liquide restent obscures sous l'ultraviolet, deviennent alors des verres transparents. Or ces verres prennent une fluorescence brillante sous l'éclairage ultraviolet [1].

Enfin, bien que le fluorescéinate de sodium solide ne soit pas fluorescent, j'ai constaté que la solution glycérique à 35 pour 100, complètement obscure à l'état liquide, donne dans l'air liquide un verre fluorescent. La fluorescence est plus forte encore pour la solution à 10 pour 100 (qui est très peu fluorescente dans l'état liquide) [2].

On se rappellera, d'autre part, que le verre d'urane est fluorescent, comme les cristaux de nitrate d'urane. Et j'ai constaté qu'à la température de la fusion aqueuse, le liquide de fusion qui provient de ces cristaux est presque obscur, alors que les cristaux restent très brillants.

Bref, pour une même distance moléculaire moyenne, des molécules qui s'empêchent réciproquement de luire dans l'état liquide peuvent reprendre leur pouvoir fluorescent dans l'état *solide*, que ce solide soit vitreux ou cristallisé.

Or la seule différence paraît être que dans l'état solide les molécules sont fixes ou à peu près fixes [3], tandis que dans l'état liquide elles se déplacent

---

(1) Mais la teinte de la fluorescence, indigo pour l'esculine, vire au bleu turquoise pour les verres à l'esculine (les bandes du spectre d'émission paraissant changer d'importance relative). Un autre changement de teinte est à noter pour l'anthracène cristallisé « ordinaire » qui luit en vert à la température ordinaire, alors que dans l'air liquide il prend la fluorescence indigo que prend l'anthracène pur à toute température.

Ajoutons que les verres fluorescents obtenus dans l'air liquide manifestent, quand leur illumination cesse, de faibles phosphorescences durables déjà signalées par Kowalsky et de couleurs bien différentes de celles de leurs fluorescences (jaune au lieu de bleu pour l'esculine et le phénanthrène, verte au lieu de rouge pour le bleu fluorescent, etc.).

(2) Pour la solution très diluée, et comme je l'avais jadis constaté, la fluorescence est, comme on peut s'y attendre, la même à l'état de verre ou à l'état de liquide.

(3) Les cristaux qu'un abaissement de température *durcit* notablement paraissent devenir plus fluorescents de ce fait : l'anthracène et le phénanthrène cristallisé deviennent plus fluorescents dans l'air liquide, au lieu que le naphtionate de sodium, déjà très dur à la température ordinaire, ne paraît pas changer.

activement, en sorte que, même en un temps très court (probablement inférieur au milliardième de seconde), toute molécule approche plus d'une molécule semblable qu'elle ne peut faire dans l'état solide [1].

J'espère expliquer bientôt comment ces apparences s'accordent avec une théorie radiochimique de la fluorescence [2].

CORRESPONDANCE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certaines catégories de nombres transcendants.* Note [3] de M. D. **Mordouhay-Boltovskoy**, transmise par M. Hadamard.

Les résultats de ma Communication : *Sur le logarithme d'un nombre algébrique* admettent plusieurs généralisations. Indiquons les plus simples.

1. Premièrement, au lieu de l'équation

$$c_0 + c_1 e^{\xi} + c_2 e^{2\xi} + \ldots + c_n e^{n\xi} = 0, \tag{1}$$

on pourrait prendre

$$c_0 + c(n_1) e^{n_1\xi} - c(n_2) e^{n_2\xi} + \ldots + c(n_s) e^{n_s\xi} = 0, \tag{2}$$

c_0 étant entier et $c(n_s)$ étant une fonction entière à coefficients entiers de n_j, racine d'une équation algébrique

$$d_0 + d_1 n + d_2 n^2 + \ldots + d_s n^s = 0. \tag{3}$$

Pour point de départ, on devrait alors prendre l'identité suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[c_0 + \sum_{k=1}^{k=s} c(n_k) e^{n_k\lambda} \right] F(0) = \sum_{k=0}^{k=s} c(n_k) F(n_k\lambda) + \sum_{k=1}^{k=s} c(n_k) e^{n_k\lambda} \int_0^{n_k\lambda} e^{-x} f(x)\, dx \\ \qquad [n_0 = 0,\ c(0) = c_0], \end{array} \right. \tag{4}$$

---

(1) Au surplus, la valeur du rapprochement « protecteur » dépendra de la substance (et du solvant); c'est ainsi que même à l'état solide, certains corps ne sont plus fluorescents au dessus de certaines concentrations (phosphorescences cathodiques). Il faut admettre que la distance de protection est, pour ces corps, devenue supérieure à l'écartement moyen des molécules.

(2) *Ann. de Phys.*, 1918, et *Note sur travaux scientifiques*, 1923, p. 73.

(3) Séance du 6 août 1923.

où l'intégrale est prise le long de la droite $O - n_k\lambda$.

$$f(x) = \frac{1}{\overline{p-1}!} x^{p-1}(x - n_1\lambda)^p (x - n_2\lambda)^p \ldots (x - n_s\lambda)^p,$$

$$F(x) = f(x) + f'(x) + \ldots + f^{(\nu)}(x) \qquad (\nu = sp + p - 1);$$

$\sum_{k=0}^{k=s} c(n_k) F(n_k\lambda)$, polynome en λ dont les coefficients sont fonctions symétriques des n_j, se réduit pour $\lambda = \frac{\alpha}{\beta}$ (fract. rat.) à $\frac{\Omega}{\beta^\mu d_s^{sp}}$, où Ω est un entier différent de zéro pour un choix convenable de p [p premier et plus grand que $|d_s|$, $|c_j|$ et β, parce qu'alors tous les termes de Ω, hormis $\beta^\mu d_s^{sp} c_0 F(0)$, seraient divisibles par p].

La démonstration se développe de la même manière que dans la Communication mentionnée. On a à démontrer, pour p assez grand, l'inégalité

$$|R_n| = \left| \sum_{k=0}^{k=s} c(n_k) e^{n_k\lambda} \int_0^{n_k\lambda} e^{-x} f(x)\, dx \right| < \frac{1}{\beta^{\nu+1}}.$$

En prenant

$$\sigma = \sum_{k=1}^{k=n} |c_k|, \qquad q = p - 1,$$

n dépendant seulement des n_k, on a à résoudre l'inégalité

$$\frac{\sigma}{q!} e^{n\lambda} n^{\nu+1} < \frac{1}{\beta^{\nu+1}}. \tag{5}$$

Comme cas très particulier on peut prendre un nombre défini par

$$f(x) = 0,$$

où $y = f(x)$ est une intégrale particulière de l'équation linéaire

$$a_s y^{(s)} + a_{s-1} y^{(s-1)} + \ldots + a_1 y' = 0$$

(avec équation caractéristique sans racines multiples) et les conditions initiales étant pour $x = 0$, $y = l_0$, $y' = l'$, ..., $y^{(s-1)} = l_s - 1$, les l_j étant des nombres rationnels.

A cette classe on peut rapporter $\arcsin a$, a étant algébrique.

La condition suffisante pour qu'un nombre ne s'exprime pas par $\arcsin a$ sera la même que pour $\log a$ (voir ma Note précédente).

2. La généralisation ultérieure consiste dans le remplacement de l'équation (2) par la suivante, encore plus générale,

$$c_0 + c_1(\alpha_1) e^{\theta(\alpha_1)\xi} = c_2(\alpha_2) e^{\theta(\alpha_2)\xi} + \ldots + c(\alpha_l) e^{\theta(\alpha_l)\xi} = 0, \tag{6}$$

les $\theta(\alpha_j)$ étant des fonctions variables à coefficients entiers de quantités α_j définies par autant d'équations algébriques.

Comme exemple d'un nombre transcendant de ce genre, on peut prendre $b \log a$, b et a étant des nombres algébriques.

3. De la marche de la démonstration, il s'ensuit que

$$\left| \sum_{j=0}^{j=s} c_j e^{n_j \lambda} \right| > \frac{1}{\beta^\nu !}, \qquad \lambda = \frac{\alpha}{\beta},$$

les n_j étant des nombres rationnels et les c_j des nombres rationnels quelconques, ou les n_j des nombres algébriques et $c_j = c(n_j)$ une fonction entière de n_j à coefficients rationnels.

En utilisant cette remarque on peut indiquer des conditions suffisantes pour que le nombre ne s'exprime pas par $\log(\log a)$, $\log[\log(\log a)] \ldots$ ou par des transcendantes de formes encore plus compliquées.

Ainsi on peut affirmer que ξ *ne s'exprime pas par* $\log(\log a)$, *a étant algébrique, si pour une fonction rationnelle* $\frac{\alpha}{\beta}$ *à dénominateur* β *assez grand* $\left|\frac{\alpha}{\beta} - \xi\right|$ *est moindre que* $\frac{1}{\beta^\tau !!}$, *où* τ *est un nombre fini.*

Pour $\log[\log(\log a)]$ il faut remplacer $\beta^\tau !!$ par $\beta^\tau !!!$, etc. L'identité fondamentale est

$$\sum_{k=0}^{k=s} c_j e^{n_j e^\lambda} F(0) = \sum_{k=0}^{k=s} c_k F(n_k e^\lambda) + R_n,$$

$$R_n = \sum_{k=1}^{k=s} c_k e^{n_k e^\lambda} \int_0^{n_k e^\lambda} e^{-x} f(x)\, dx,$$

$$f(x) = \frac{1}{p-1!} x^{p-1} \prod_{k=1}^{k=s} (x - n_k e^\lambda);$$

$\sum_{k=0}^{k=s} c_k F(n_k e^\lambda)$ ne peut être nul qu'identiquement en e^λ parce qu'autrement e^λ serait définie par une équation algébrique.

En remplaçant e^λ par o on obtient

$$c_0 F(0),$$

et il est facile de se convaincre comme dans les cas précédents que pour p assez grand ce nombre est différent de zéro. Puis on voit que pour p assez grand

$$|R_n| < \frac{1}{\beta^{\nu+\omega}!} \qquad (\omega > 0).$$

Dans ce but il faut chercher $q = \varphi\varepsilon$, $\varepsilon = \beta^{\nu+\omega}!$ tel que

$$\frac{\sqrt{2\pi}}{D}\left(\frac{\varphi}{n^{s+1}e^{\lambda+1}}\right)^{\varphi\varepsilon+1}\frac{e}{e^{en^{\lambda}\varepsilon}} > 1,$$

n dépendant seulement des n_k, ou

$$\left(\frac{\varphi}{a}\right)^{\varphi\varepsilon+1} > b, \qquad a = n^{s+1}e^{\lambda+1}, \qquad b = \frac{D}{\sqrt{2\pi}}e\,e^{(n)e^{\lambda}}\varepsilon.$$

On peut assurément prendre $\varphi = ab$,

$$q = g\alpha^{\nu+\omega}!.$$

Dans l'inégalité

$$\left|\frac{\alpha}{\beta} - \varepsilon\right| > \frac{1}{\beta^{\nu+\omega}!\,MF(0)} > \frac{A}{B}$$

on a

$$F(0) < Q^{p}(\nu+1)!\,n^{\nu+1}e^{(\nu+1)\lambda},$$

et l'on peut poser

$$A = 1, \qquad B = T^{p}(\nu+1)!\,\alpha^{\nu+\omega}!\,n^{\nu+1}e^{(\nu+1)\lambda}.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la station astronomique du Pic du Midi.* Note [1] de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

A l'occasion du cinquantenaire de l'Observatoire du Pic du Midi, on vient d'inaugurer au Musée pyrénéen de Lourdes une exposition résumant l'histoire de cet Observatoire. Les travaux astronomiques qui y sont rappelés ne sont pas aussi nombreux qu'il serait désirable. Ayant fait au sommet des séjours fréquents, qu'il me soit permis, ici, à la suite de Thollon, de Henry, de Trépied, de Ch. André, de H. Bourget, de P. Lowell, de M. de la Baume-Pluvinel, de M. B. Baillaud, de dire que cette station est certainement une de celles où les astronomes français peuvent actuellement trouver le ciel le plus pur et les images les meilleures. L'avantage de la haute altitude (2870^m) ne s'y achète pas au prix de fatigues épuisantes; la vie journalière y est assurée avec un confort que le dévouement du personnel de l'Observatoire sait rendre plus que suffisant même dans les périodes de travail intense; l'équatorial double, dioptrique et catoptrique de 6^m de longueur focale et de 50^{cm} d'ouverture n'est guère inférieur aux instruments les plus puissants des autres observatoires français. La situation au sommet d'un Pic ne paraît pas nuire à la qualité des

[1] Séance du 6 août 1923.

images, contrairement à l'opinion répandue chez les astronomes, à la suite d'un séjour malchanceux d'Ed. Pickering au mont Withney. Vues dans une lunette de 6^m de long, les images sont presque toujours calmes et souvent extraordinairement calmes. Les superbes photographies de Mars que MM. de la Baume-Pluvinel et Baldet y ont obtenues avec le réflecteur de 6^m montrent la valeur du travail qu'on peut y accomplir. Le gain principal par rapport à une station de la plaine est moins dans la transparence du ciel au zénith que dans l'uniformité du ciel sur toute la voûte; les étoiles peuvent être observées presque jusqu'à l'horizon.

La seule critique fondée, c'est que les belles nuits ne sont pas aussi nombreuses que ne le désirent les astronomes en mission. Les statistiques que j'ai faites dans mon dernier séjour montrent cependant que, sauf au printemps, il y en a en moyenne une quinzaine par mois où la nébulosité est inférieure à deux sur dix; une dizaine si l'on fait abstraction des nuits où le givre risque de se déposer sur les instruments, et de celles où le vent est trop violent pour être soutenable. Un séjour de trois mois peut être très fructueux. Il faudrait seulement que par une organisation judicieuse des moyens d'accès le transport des instruments soit possible dès le mois de mai, pour que l'on puisse observer en juin les étoiles ayant une ascension droite de 8 heures. Les observations peuvent se poursuivre sans difficultés réelles jusqu'à la fin d'octobre où ces mêmes étoiles se voient au lever du jour; une organisation facile les rendrait souvent possibles jusqu'à la fin de décembre et de janvier. Les derniers mois de l'hiver et ceux du printemps paraissent être les seuls où il faille renoncer à utiliser la station pour des études astronomiques. Il faudrait aussi qu'une distribution électrique définitive remplace l'installation un peu trop rudimentaire que j'avais pu faire en 1912 grâce à une subvention de l'Académie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfure de zinc phosphorescent.* Note [1] de M. **A.-A. Guntz**, transmise par M. A. Haller.

Dans une précédente Note [2] j'ai pu montrer, grâce au dimorphisme du sulfure de zinc, le rôle que paraît jouer dans la phosphorescence la forme cristalline. Les deux formes cristallines du sulfure de zinc, sphalérite et wurtzite, n'ont pas, en effet, la même phosphorescence tout en ayant la même composition chimique.

---

[1] Séance du 6 août 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1356.

Il était intéressant de rechercher quelle serait la modification qu'entraînerait un changement progressif dans la composition chimique du système, sans en modifier la constitution cristalline.

L'isomorphisme du sulfure de zinc et de cadmium permet de préparer une série de solutions solides de sulfure de zinc et de cadmium, et de réaliser ainsi une variation progressive du milieu. Ces solutions sont aptes à servir de diluant pour le phosphorogène qui donne habituellement les meilleurs résultats avec le sulfure de zinc, en l'espèce le cuivre.

La préparation du sulfure de zinc phosphorescent n'est modifiée en aucune façon; tout se borne à remplacer une partie du zinc par du cadmium.

Le sulfure de cadmium n'est pas dimorphe, il en résulte que la solution solide, mélange des deux sulfures, cristallise dans le système commun aux deux composés; les cristaux dérivent donc de la wurtzite.

Aussi la suppression de ce dimorphisme, qui se produit déjà pour des doses faibles (environ 2 pour 100 de cadmium), facilite l'obtention de composés à phosphorescence durable, car la variété blonde, dont la phosphorescence est moins persistante, ne se forme plus.

Ce premier résultat est cependant moins inportant que le changement de coloration qui se produit lorsque la dose de cadmium augmente. Pour des teneurs progressivement croissantes de sulfure de cadmium, la couleur de luminescence passe du vert au rouge carmin.

La wurtzite a une phosphorescence vert bleu, ce qui veut dire que le maximum de la bande d'émission est situé dans le vert bleu; au fur et à mesure de la substitution du sulfure de cadmium au sulfure de zinc dans le mélange, on assiste au déplacement progressif de ce maximum vers les grandes longueurs d'onde. On obtient ainsi des produits doués de phosphorescence rouge et probablement même infrarouge pour les teneurs élevées.

Jusqu'à présent on ne pouvait préparer le sulfure de zinc à phosphorescence orangée que par addition de petites quantités de manganèse, et ce changement de teinte n'était acquis qu'au prix d'une forte diminution d'éclat et de persistance.

Les sulfure de zinc et de cadmiun conservent au contraire le bel éclat de la wurtzite.

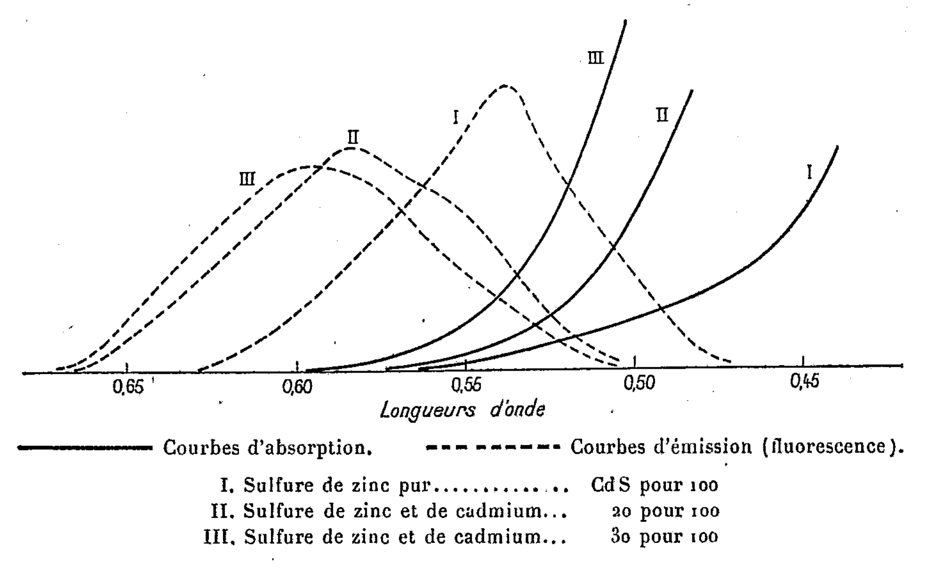
Pour une teneur en sulfure de cadmium de 12 pour 100, la phosphorescence est jaune citron; 20 pour 100, la phosphorescence est orangée; 30 pour 100, la phosphorescence est rouge.

Ces doses fortes montrent que nous n'avons pas affaire à une action phosphorogène du cadmium; ce métal n'a aucun effet aux doses où l'on utilise les phosphorogènes, c'est-à-dire à l'état de traces ou en quantité au plus égale à 1 pour 100; mais à fortes doses, la modification du milieu diluant influe sur l'émission du phosphorogène de la wurtzite (cuivre).

Nous pouvons expliquer ce fait en remarquant que les milieux diluants

jusqu'à présent choisis parmi les corps transparents laissaient au phosphorogène la possibilité d'émettre de la lumière dans une zone étendue du spectre; le sulfure de cadmium est un composé coloré, rouge orangé, transparent pour une partie de la lumière visible et devenant très absorbant pour les radiations réfrangibles à partir du violet. Sa présence réduit donc proportionnellement le champ où l'émission du phosphorogène pourra se produire sans absorption. Nous lions donc ainsi l'émission possible à l'absorption du milieu diluant.

Nous représentons sur la figure ci-dessous l'émission et l'absorption correspondantes pour trois sulfures de notre préparation.



Courbes d'absorption. ——— Courbes d'émission (fluorescence). - - - - -

I. Sulfure de zinc pur..............	CdS pour 100
II. Sulfure de zinc et de cadmium...	20 pour 100
III. Sulfure de zinc et de cadmium...	30 pour 100

Nous voyons que l'addition de quantités croissantes de sulfure de cadmium a augmenté l'absorption des rayons les plus réfrangibles du spectre.

La zone d'excitabilité, c'est-à-dire la région du spectre où est provoquée la phosphorescence et qui, plus encore que l'émission, est liée d'une façon intime à l'absorption, suit ce déplacement. Nous arrivons ainsi, tout en observant la loi de Stokes, à obtenir des sulfures de zinc et de cadmium à phosphorescence rouge absorbant la lumière verte et excités par cette lumière.

Ces nouveaux produits à base de zinc et de cadmium peuvent donc s'insoler à la lumière artificielle pauvre en rayons actiniques.

De l'ensemble de nos recherches, nous pouvons conclure que la substitution partielle du sulfure de cadmium au sulfure de zinc a pour résultats :

1° De faciliter la production d'une phosphorescence durable;

2° D'obtenir une intéressante variation dans les teintes de la phosphorescence qui conserve une belle luminosité;

3° De donner des sulfures phosphorescents plus faciles à insoler à la lumière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption de l'hyposulfite de sodium par les papiers photographiques.* Note [1] de M. **André Charriou**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [2] nous avons déterminé les lois suivantes :

1° Un corps entraîné par un précipité peut être déplacé sur ce précipité par un corps de même fonction mais possédant une valence plus élevée.

2° Un corps entraîné ne peut pas être déplacé par un corps possédant une valence moins élevée.

3° Dans le cas de deux corps possédant la même valence, le corps le moins concentré est déplacé par le corps le plus concentré.

Nous avons donc pensé que si la difficulté rencontrée dans l'élimination de l'hyposulfite de sodium des papiers photographiques, par lavages à l'eau, tenait à un phénomène d'absorption de l'hyposulfite par les papiers, il serait possible, au lieu d'éliminer par lavages l'hyposulfite absorbé, de le déplacer par un autre corps; et en choisissant un corps n'altérant pas à la longue le papier, les difficultés du lavage seraient ainsi supprimées.

1. Existence du phénomène d'absorption. — Nous avons d'abord vérifié l'existence de l'absorption de l'hyposulfite de soude par les papiers photographiques.

Des papiers au gélatino-bromure d'argent format 9×12 étaient débarrassés des sels d'argent par un traitement pendant une heure par une solution d'hyposulfite de sodium à 20 pour 100, puis lavés pendant 12 heures, séchés et pesés.

Les papiers étaient ensuite plongés pendant une heure dans un bain contenant 100^{cm^3} d'une solution d'hyposulfite de sodium à 20 pour 100, puis lavés de diverses façons.

Après le dernier lavage les papiers étaient rapidement essorés entre deux feuilles de papier buvard et pesés à nouveau. Nous connaissions ainsi le poids de solution imbibant le papier. Nous dosions ensuite par une solution

(1) Séance du 20 août 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1890.

d'iode l'hyposulfite dans la dernière eau de lavage, ainsi que l'hyposulfite restant dans le papier.

Nous pouvions ainsi comparer la concentration de l'hyposulfite dans la dernière eau de lavage avec la concentration de l'hyposulfite restant dans le papier après ce dernier lavage.

Mode du lavage.	Poids de solution imbibant le papier.	Poids d'hyposulfite dans 100^{cm^3} de la dernière eau de lavage.	Poids d'hyposulfite correspondant au poids de solution imbibant le papier.	Poids d'hyposulfite restant dans le papier.
	g	g	g	g
I..........	1,14	0,0021	0,000024	0,0025
II.........	1,13	0,0024	0,000027	0,0019
III.........	1,242	0,00046	0,0000057	0,0016
IV.........	1,28	0,0003	0,0000038	0,0011

I. Lavage à deux reprises dans 200^{cm^3} d'eau pendant 15 minutes chaque fois. — II. Lavage à deux reprises dans 200^{cm^3} d'eau : la première fois pendant 15 minutes; la deuxième fois pendant 24 heures. — III. Lavage à trois reprises dans 200^{cm^3} d'eau pendant 15 minutes chaque fois. — IV. Lavage à quatre reprises dans 200^{cm^3} d'eau pendant 15 minutes chaque fois.

Même après 24 heures, *la concentration de l'hyposulfite dans le papier est toujours très supérieure à la concentration de l'hyposulfite dans l'eau;* il est impossible d'enlever par des lavages tout l'hyposulfite contenu dans le papier; *c'est donc bien un phénomène d'absorption.*

2. Déplacement de l'hyposulfite de sodium par d'autres sels. — Nous avons cherché à déplacer l'hyposulfite de sodium, absorbé par les papiers, par des sels de même fonction et possédant une valence au moins égale à celle de l'hyposulfite.

1° *Action du bicarbonate de sodium.* — Les papiers traités pendant une heure dans un bain d'hyposulfite de sodium à 20 pour 100 étaient égouttés puis lavés pendant 10 minutes dans 200^{cm^3} d'eau. Les papiers étaient ensuite plongés dans un nombre variable de bains successifs, contenant une solution de bicarbonate de sodium à 5 pour 100, pendant 15 minutes chaque fois.

A la sortie du dernier bain de bicarbonate, les papiers étaient rapidement essorés entre deux feuilles de papier buvard. Le bicarbonate de sodium s'étant substitué dans le papier à la place de l'hyposulfite, nous soumettions les papiers à un courant de gaz carbonique de façon à éviter de se trouver en présence de petites traces de carbonate de soude qui agit sur l'iode et aurait ainsi rendu impossible le dosage de l'hyposulfite restant dans le papier.

Nombre de traitements successifs par des solutions de bicarbonate de sodium à 5 pour 100.	Poids d'hyposulfite de sodium restant dans le papier après les traitements au bicarbonate de sodium.
	g
1	0,0009
2	0,0005
3	0,00035
4	traces négligeables

2° *Action du bicarbonate d'ammonium.* — Le traitement des papiers par des solutions de bicarbonate d'ammonium à 5 pour 100 a donné des résultats analogues à ceux donnés par le bicarbonate de sodium.

L'élimination de l'hyposulfite de sodium des papiers photographiques est donc beaucoup plus rapide et complète par lavage avec des solutions de bicarbonate de sodium ou d'ammonium que par lavages à l'eau.

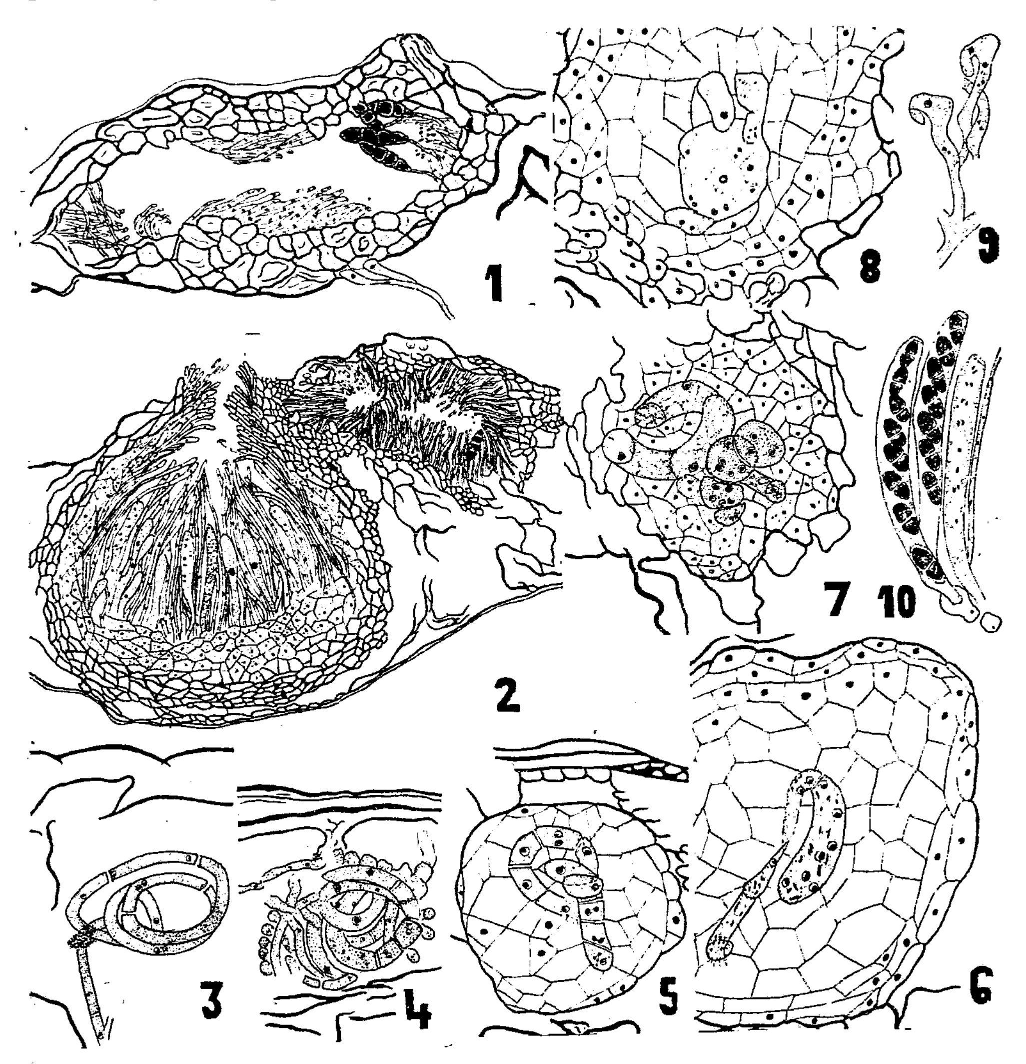
Les carbonates et phosphates alcalins déplacent aussi l'hyposulfite, mais la difficulté du dosage de petites quantités d'hyposulfite en présence de ces corps ne nous a pas permis de faire des mesures précises.

MYCOLOGIE. — *Le développement du* Hendersonia foliorum *Fuck.* Note [1] de MM. **Ch. Killian** et **V. Likhité**, transmise par M. Ch. Flahault.

Les feuilles du *Salix Capraea* L. sont fréquemment infectées par le *Hendersonia foliorum* Fuck., champignon parasite classé provisoirement parmi les *Fungi imperfecti*. La maladie se trahit par la présence de taches dont la teinte brune tranche sur le fond jaune de la feuille infectée. Ces plages sont entièrement remplies d'un mycélium qui, à l'intérieur des cellules épidermiques, se masse en bourrelets plectenchymateux. Ceux-ci s'agrandissent rapidement pendant leur maturation et brisent finalement les parois cellulaires de l'hôte. Ils renferment à ce moment une cavité centrale tapissée de nombreux filaments et délimitée vers l'extérieur par une épaisse coque brune. Cette cavité se remplit peu à peu de conidies quadricellulaires (14-16 sur 4-6 μ) (*fig.* 1, $\times$ 330) qui sont disséminées ensuite par la déhiscence de la coque. Les conidies sont remplacées, à leur tour, par les ascospores développées à l'intérieur de périthèces. L'existence de ces derniers, dans le cycle évolutif du *Hendersonia*, demeurait inconnue jusqu'à présent. Nos études en démontrent la connexion avec les conidiophores (*fig.* 2, $\times$ 120). N'importe quelle cellule de leur coque peut en effet engendrer un périthèce : on voit ainsi, dans la figure 1, à droite, se détacher un filament spécial à protoplasme plus dense. Cette hyphe ayant pénétré dans le tissu palissa-

(1) Séance du 30 juillet 1923.

dique s'enroule en spirale (*fig.* 3, × 675); puis la spirale se métamorphise en pelote. Une coupe longitudinale (*fig.* 4, × 675) nous en démontre la structure : les cellules centrales se distinguent des éléments périphériques plectenchymateux par leur grandeur et la densité du protoplasme.



Les unes, toujours disposées en spirale, se détachent des autres et évoluent en ascogone; celles-ci constituent la coque. L'ascogone, par son allongement rapide, décrit des lacets secondaires très typiques. Il se cloisonne en une série de cellules mononucléées et plusieurs cellules binucléées terminales. L'évolution de ces éléments est différente : Parmi les cellules binucléées l'ultime s'élargit plus que ses voisines, tout en augmentant le nombre

de ses noyaux (*fig.* 6, × 675). Les autres, au contraire, s'allongent et disparaissent finalement. Puis, par un nouveau cloisonnement, la cellule terminale se divise en 4 éléments (*fig.* 7, × 675). Parmi ses cellules filles qui renferment de 4 à 8 noyaux chacune, la dernière seule continue à se développer. Elle se dilate considérablement aux frais de son protoplasme et de ses noyaux qui dégénèrent partiellement (*fig.* 8, × 675). De sa surface naissent des excroissances qui évoluent directement en crochets et ensuite en asques; ou bien elles s'allongent et se ramifient en hyphes ascogènes dont les extrémités élargies (*fig.* 9, × 575) se transforment en asques (*fig.* 2, × 120). A l'intérieur de ces asques naissent des ascopores bicellulaires et arrondies (*fig.* 10, × 450). Au cours de leur maturation elles se recloisonnent et s'allongent en s'incurvant légèrement.

L'ascogone du *Hendersonia foliorum* Fuck. dont nous venons de suivre le développement est d'un type particulièrement évolué. La différenciation très nette d'une partie antérieure stérile et d'une partie postérieure fertile, dans laquelle la dernière cellule seule est ascogène, en fournissent la preuve évidente. Par le fait cette plante se range dans la série des *Cudonia*, *Melanospora*, *Lachnea* et *Ascobolus*, parmi lesquels il se rapproche le plus de l'*Ascobolus furfureus*. Chez les deux espèces il n'y a plus trace de sexualité, ni sous forme de fusion cellulaire, ni sous forme de migration nucléaire. Le seul vestige qu'on en trouve encore chez l'*Ascobolus* indiqué par la présence de pores entre les cellules subterminales, s'est perdu chez le *Hendersonia*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Relations chimiques entre les matières humiques et la houille*. Note [1] de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Lindet.

Poursuivant, à l'aide de la pyridine, nos recherches sur la teneur en matières humiques des différents résidus végétaux, nous avons comparé à l'humus superficiel du sol et à la tourbe, un certain nombre d'échantillons de charbon : Brésilien (14,4 pour 100 de cendres), Américain (7,9 pour 100), Cardiff (2,9 pour 100), Elsecar (charbon anglais employé dans les usines à gaz de Rio (0,9 pour 100) [2].

I. Lorsqu'on épuise, à la pyridine pure bouillante, la très grande majorité des houilles, on isole, par une véritable analyse immédiate, plusieurs groupes de substances se rapprochant de l'humus lui-même, ou des matières organiques qui l'accompagnent, dans le sol, ou dans les résidus végétaux.

---

[1] Séance du 20 août 1923.

[2] Maurice Piettre, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1329, et t. 177, 1923, p. 139.

20g de charbon très finement pulvérisé sont épuisés à l'ébullition, au réfrigérant à reflux, avec de la pyridine, jusqu'à ce que celle-ci ne se colore plus; on pulvérise le charbon et renouvelle la pyridine à plusieurs reprises.

L'EXTRAIT PYRIDIQUE est débarrassé, par distillation, de la plus grande partie de pyridine, puis complètement séché à 110°-115°. Le résidu est alors épuisé à fond, par un mélange à parties égales d'éther et d'alcool qui le scinde en deux fractions : l'une insoluble, noire, rappelant l'humus; l'autre soluble, résineuse, de coloration blonde.

L'EXTRAIT ALCOOLIQUE ÉTHÉRÉ à son tour, une fois séché, peut être séparé en deux nouvelles fractions à l'aide de solutions alcalines étendues; il passe en liqueur aqueuse des substances organiques à fonction acide qui, après neutralisation, sont enlevées à l'éther, et il reste insoluble un résidu ocre ou brunâtre représentant les goudrons du charbon.

Examinons séparément, en quelques lignes, ces diverses fractions :

α. *La matière noire* à reflets brillants, isolée de l'extrait pyridique, est pratiquement insoluble dans les alcalis. Dans certains cas seulement une longue ébullition, en liqueur alcaline concentrée, peut en dissoudre des traces. Elle est soluble dans la pyridine à froid. Teneur en azote supérieure à celle du charbon dont elle provient : 2,50 pour 100 (Brésilien à 1,68 pour 100 d'azote), 2,48 (Américain à 1,86), 2,25 (Elsecare à 1,66). Cette substance se rapproche donc de l'humus peu azoté, de la tourbe par exemple (3,60 pour 100), qui cependant semble moins condensé, moins polymérisé, puisqu'il est soluble dans les alcalis.

β. *Les substances extraites à l'alcool-éther* et solubles dans les alcalis appartiennent au même groupe que celles qui accompagnent les matières humiques. Ce sont des mélanges complexes de substances grasses à fonction acide (exigeant de 2,80 à 5,85 pour 100 de Na), solubles dans l'alcool, dans l'éther, fondant à température peu élevée, brûlant sur la lame de platine comme les corps gras, etc.

γ. *Le résidu ocre ou brunâtre*, insoluble dans les alcalis étendus, prend l'aspect d'une poix molle à chaud. Il donne à la distillation de petites quantités de NH^3, des huiles lourdes en abondance et un résidu noir qui brûle comme les goudrons.

Appliqué au charbon de Cardiff, ce traitement n'a donné que des résultats insignifiants, conduisant à penser que le Cardiff est le type le plus parfait des charbons, celui dans lequel les transformations chimiques et physiques ont été les plus complètes.

Voici les résultats obtenus avec les trois autres charbons :

	Brésilien.	Américain.	Elsecare.
Matière noire	26,42	12,70	14,64
Extrait par l'alcool-éther	0,27	0,33	0,36
Résidu ocre ou brunâtre	0,49	0,62	0,71

II. Il faut donc partir du Cardiff, comme matière première, si l'on veut remonter synthétiquement à l'humus. Nous avons réalisé une série d'expériences dans ce sens, en utilisant la nitration ménagée, suivie de réduction.

A 100g de Cardiff bien pulvérisé, on ajoute lentement 500cm³ à 600cm³ de NO^3H, de densité voisine de 1,40, et très énergiquement refroidi. On laisse réchauffer doucement, on porte aux environs de 70° et on abandonne trois à quatre jours, en agitant fréquemment. L'acide est alors décanté, on lave à plusieurs reprises par l'eau distillée jusqu'à très faible acidité, on essore et on sèche à 105°-110°. On obtient ainsi de 125g à 130g d'un produit nitré, déflagrant vivement à la chaleur, contenant en moyenne 4,60 pour 100 d'azote (Kjelhdal).

La réduction est obtenue de préférence en milieu alcalin, amalgame de sodium ou poudre métallique (Zn et Fe). On dissout 20g de produit nitré dans 700cm³ à 800cm³ d'eau contenant 20cm³ à 25cm³ de lessive concentrée de potasse, et on laisse en contact plusieurs jours en agitant fréquemment jusqu'à réduction complète.

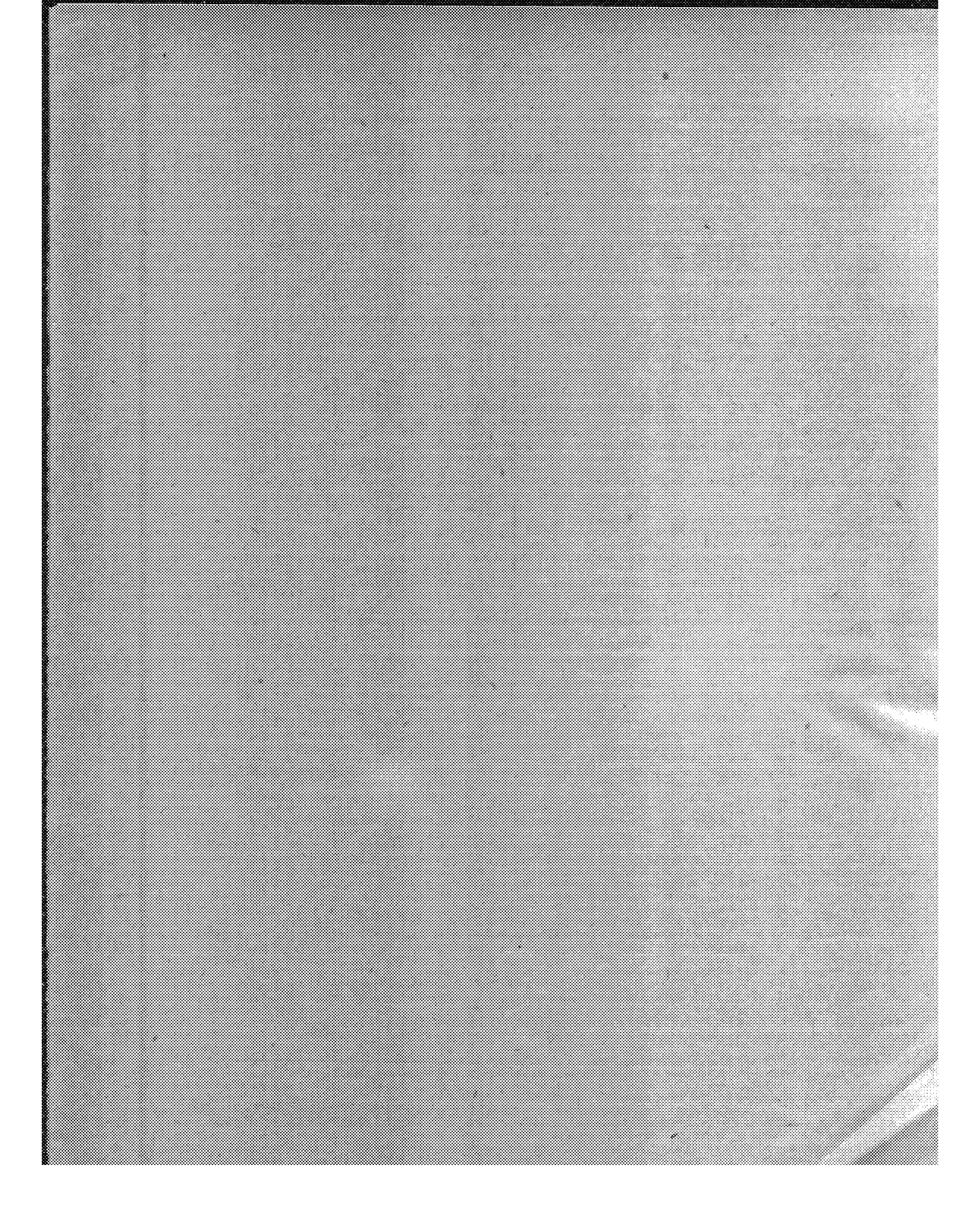
Le produit est une belle matière d'un noir brillant, à cassures conchoïdales. Parfois à la sortie de l'étuve à 105°-110°, on le voit se fragmenter en petites particules qui bombardent activement les parois du cristallisoir. Il contient en moyenne 4,45 pour 100 d'azote, comme l'humus (4,65 pour 100), dont il possède les principales propriétés : soluble même à froid, dans les carbonates alcalins et les alcalis étendus, il est précipité par les acides en gros flocons brunâtres; les alcalis en excès, les sels neutres en liqueurs concentrées précipitent abondamment ses solutions alcalines; il est très soluble dans la pyridine ainsi d'ailleurs que le produit nitré. La nitration et la réduction, effectuées sur les autres types de charbon, après élimination des parties solubles dans la pyridine, donnent des résultats nettement inférieurs et des produits de couleur ocre.

Conclusions. — Ces faits montrent qu'il est difficile de ne pas admettre une commune origine entre l'humus, la tourbe et la houille, puisque nous avons pu, en partant du charbon de Cardiff, obtenir un produit qui présente avec l'humus les plus grandes analogies.

La séance est levée à 15h10m.

A. Lx.





N° 9.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 27 Août 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. le Ministre de l'Instruction publique adresse ampliation du Décret autorisant l'Académie à accepter le legs qui lui a été consenti par *S. A. S. le prince Albert Ier de Monaco* 469

M. Jean Perrin. — Observations sur la fluorescence 469

CORRESPONDANCE.

M. D. Mordoukhay-Boltovskoy. — Sur certaines catégories de nombres transcendants 475

M. Jules Baillaud. — Sur la station astronomique du Pic du Midi 478

M. A.-A. Guntz. — Sur le sulfure de zinc phosphorescent 479

M. André Charriou. — Absorption de l'hyposulfite de sodium par les papiers photographiques 482

MM. Ch. Killian et V. Likhité. — Le développement du *Hendersonia foliorum* Fuck 484

M. Maurice Piettre. — Relations chimiques entre les matières humiques et la houille 486

70,55 — 8-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouvellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

Nº 10 (3 Septembre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 SEPTEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

CORRESPONDANCE.

ANALYSIS SITUS. — *Un théorème sur les liaisons.*
Note (¹) de M. **Alfred Errera**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans un plan, soit un réseau R, formé d'un système de u sommets, $A_1, \ldots, A_\lambda, \ldots, A_u$, d'un système de v sommets, $B_1, \ldots, B_\mu, \ldots, B_v$, distincts des premiers et reliés à eux par des arêtes (ou arcs de Jordan) en nombre t, qui satisfont aux conditions suivantes :

1° Chaque arête joint un A_λ à un B_μ.

2° Deux arêtes ne peuvent se rencontrer qu'en leurs extrémités.

3° Deux arêtes ne peuvent relier les mêmes points A_λ et B_μ, ce qui exclut les polygones de deux côtés.

Je forme le nombre $H = 2u + 2v - 4$.

La question que je me propose de résoudre est la suivante : u et v étant donnés et $\geqq 2$, quel est le maximum de t?

La réponse est fournie par le théorème que voici :

Théorème. — *Il est possible de tracer* H *arêtes satisfaisant aux conditions énumérées et pas davantage; et si l'on en a tracé moins, on peut les compléter jusqu'à concurrence de* H.

Démonstration. — I. Supposons que les t arêtes satisfassent aux trois conditions ci-dessus ainsi qu'à la suivante :

4° Il est impossible de relier un A_λ à un B_μ sans contrevenir aux autres conditions.

Je dis qu'alors on a $t = H$.

II. D'abord R est connexe, sinon nous pourrions évidemment joindre un

(¹) Séance du 27 août 1923.

point A_λ d'une de ses parties à un point B_μ d'une autre, ce qui contredit la condition 4°.

Pour la même raison, deux arêtes qui ont un sommet commun et qui, lorsqu'on tourne autour de ce sommet, sont consécutives, appartiennent à un quadrilatère.

Il s'ensuit que R n'a pas d'isthme ni de sommet du premier degré; qu'il divise le plan en quadrilatères, l'un de ceux-ci étant limité par les arêtes extérieures de R, et qu'aucune arête ne relie deux sommets du second degré (c'est-à-dire portant deux arêtes), à moins que R ne comprenne qu'un seul quadrilatère, c'est-à-dire à moins que $u = v = 2$.

III. Supposons que R contienne un sommet A_λ du second degré; supprimons-le, ainsi que les deux arêtes qui aboutissent en ce point; alors H et t diminuent chacun de deux unités; mais les quatre conditions restent évidemment remplies.

Opérons ainsi autant que cela est possible. Alors, ou bien nous aboutirons à un réseau R′ où l'on a $u' = 2$, $t' = H' = 2v'$ et le théorème est démontré; ou bien nous sommes ramenés à considérer le cas où R n'a pas de sommet A_λ du second degré.

IV. Dans ce cas, supprimons le sommet B_v et les arêtes issues de ce point; nous obtenons un réseau qui contient un polygone d'au moins six côtés. A l'intérieur de ce polygone, plaçons un point A_{u+1}, que nous joignons à tous les points B_μ du polygone, ce qui nous donne encore un réseau, qui satisfait évidemment à nos quatre conditions et pour lequel t et H n'ont pas changé, alors que v a diminué d'une unité.

Le théorème est vrai par induction, puisqu'il est vrai pour $v = 2$; en effet, les points A_λ sont alors du second degré, ce qui nous ramène au cas précédent.

V. Donc, si les quatre conditions sont remplies, alors $t = H$. Il s'ensuit évidemment que si les conditions 1°-3° sont remplies, on n'a pas $t > H$.

Donc : ou bien 4° est satisfaite et l'on a $t = H$; ou bien 4° n'est pas satisfaite et l'on a $t \leqq H$, puisqu'on augmenterait t en reliant un A_λ et un B_μ et qu'il finirait seulement par égaler H.

VI. Pour la démonstration, on peut aussi, comme M. Lebesgue me l'a suggéré, utiliser le théorème d'Euler. La division du plan que nous avons rencontrée a $u + v$ sommets, t arêtes et F faces; comme ces faces sont des quadrilatères, on a $2t = 4F$. Par suite, la relation d'Euler :

$$F + S - A = 2,$$

s'écrit

$$\frac{t}{2} + u + v - t = 2;$$

d'où

$$t = 2u + 2v - 4 = H.$$

VII. Ce théorème permet de résoudre des problèmes tels que le suivant, que l'on entend souvent poser comme récréation :

Est-il possible de relier trois points à chacun de trois autres points du plan, par des lignes qui ne se coupent pas? La réponse est négative, car on a $H = 8$, et il faudrait $t = 9$.

Comme autre application, on voit que si l'on joint deux points B_μ à chacun des u points donnés A_λ, il n'est pas possible de trouver un troisième point que l'on puisse joindre à plus de deux des u points.

Enfin, si aux u points A_λ on veut adjoindre le plus grand nombre possible v de points B_μ, de façon que chacun de ceux-ci soit relié à trois points A_λ au moins, alors on devra avoir $H \geqq 3v$, donc $v \leqq 2u - 4$. Ceci nous prouve encore que si $u = 3$, on ne peut pas avoir $v = 3$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie riemannienne des séries trigonométriques.* Note [1] de M. **Alexandre Rajchman**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans son Mémoire classique, Riemann a légitimé deux sortes d'opérations formelles sur les séries trigonométriques. L'une est la double intégration terme à terme, l'autre est exprimée par une intégrale assez compliquée. En essayant d'étendre ces opérations aux séries divergentes sommables par le procédé de Poisson, je suis arrivé aux résultats qui font l'objet de cette Note. Pour l'exposer, il est nécessaire d'énoncer quelques propositions publiées seulement en polonais jusqu'ici.

I. *Multiplication* (*Comptes rendus de la Société des Sciences de Varsovie*, 1918). — Appelons *produit formel* de deux séries trigonométriques

$$(1)\quad \frac{1}{2}\sum_{n=-\infty}^{n=-\infty}(a_n - ib_n)\,e^{inx} \qquad \text{et} \qquad (2)\quad \frac{1}{2}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}(\alpha_n - i\beta_n)\,e^{inx},$$

la série

$$(3)\qquad \frac{1}{2}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}(k_n - il_n)\,e^{inx}$$

[1] Séance du 27 août 1923.

à coefficients donnés par la formule

$$(4)\qquad k_n - il_n = \lim_{N\to\infty} \sum_{p=-N}^{p=+N} (a_p - ib_p)(\alpha_{n-p} - i\beta_{n-p}).$$

Supposons que l'on ait

$$\lim_{n\to\infty} |a_n + ib_n| = \lim_{n\to\infty} n^3 |\alpha_n + i\beta_n| = 0;$$

on démontre alors que :

1. *Théorème.* — La convergence vers zéro pour $x = x_0$ de la série (2) entraîne la convergence vers zéro pour $x = x_0$ de la série (3).

2. *Corollaire.* — Si, en un point, la somme de la série (2) est différente de zéro, la convergence [ou la sommabilité par le procédé de la $k^{\text{ième}}$ moyenne arithmétique ($k > 0$), ou par les procédés de Poisson et de Riemann] de la série (3) est la *condition nécessaire et suffisante* de la convergence (ou de la sommabilité par le même procédé) de la série (1) en ce point.

II. *Double intégration* (*Prace Matem.-fiz.*, vol. 30, 1919). — Supposons

$$\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty} b_n = 0,$$

et posons

$$F(x) = \frac{a_0 x^2}{4} - \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{a_n \cos nx + b_n \sin nx}{n^2};$$

$$p(r, x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) r^n \qquad (|r| < 1).$$

On a, pour toute valeur de x pour laquelle les limites d'indétermination de $p(r, x)$ pour $r \to 1$ sont finies,

$$(5)\qquad \liminf_{h\to 0} \frac{F(x+h) + F(x-h) - 2F(x)}{h^2} \leqq \limsup_{r\to 1} p(r, x),$$

$$(6)\qquad \liminf_{r\to 1} p(r, x) \leqq \limsup_{h\to 0} \frac{F(x+h) + F(x-h) - 2F(x)}{h^2}.$$

III. *Unicité du développement trigonométrique : 1° Définition des ensembles du type* (H) (*Fundamenta Mathematicæ*, vol. 3). — Posons

$$\text{Red}\, x = x - \text{E}x = \text{partie non entière de } x.$$

Soient $n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots$ une suite d'entiers croissant indéfiniment; α et δ deux constantes satisfaisant aux inégalités $-1 < \alpha < +1$; $0 < \delta < 1$.

Un ensemble de valeurs de n sera dit « du type (H) » si tous ses éléments

vérifient le système d'inégalités

$$\text{Red}\left(n_k \frac{x}{2\pi} - \alpha\right) \leqq \delta \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots). \tag{7}$$

En vertu du théorème Kronecker-Tchebycheff tout ensemble fini est du type H avec $\alpha = 0$ et δ aussi petit que l'on veut.

2. *Le théorème de Cantor généralisé* (HARDY et LITTLEWOOD, *Acta mathematica*, 1914; STEINHAUS-WIADOMOSCI, *Matematyczne* 1920; *Fundamenta*, loc. cit.). — L'ensemble des points x où l'on a

$$\limsup_{n \to \infty} |a_n \cos nx + b_n \sin nx| < \limsup_{n \to \infty} \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

est la somme d'une infinité dénombrable d'ensembles du type (H).

3. *Théorème sur l'unicité du développement trigonométrique* (avec une démonstration tout à fait différente, *Fundamenta*, loc. cit.). — Il n'existe pas de série trigonométrique à coefficients non nuls qui soit sommable vers zéro par le procédé de Poisson partout, sauf aux points d'un ensemble exceptionnel du type (H), et dont les coefficients tendent vers zéro pour $n \to \infty$.

Démonstration. — Supposons, en effet, qu'une telle série existe; soit (1) cette série. Soit $\varphi(x)$ une fonction vérifiant les conditions

$$\varphi(x + 2\pi) = \varphi(x), \qquad \int_0^{2\pi} \varphi(x)\, dx = 2\pi; \qquad \lim_{n \to \infty} n^3 \int_0^{2\pi} \varphi(x)\, e^{inx}\, dx = 0;$$

si l'ensemble exceptionnel vérifie le système (7) on fait en sorte que l'on ait $\varphi(x) = 0$ pour $\text{Red}\left(\frac{x}{2\pi} - \alpha\right) \leqq \delta$. On considère la série

$$\frac{a_0^{(k)}}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty} (a_n^{(k)} \cos nx + b_n^{(k)} \sin nx),$$

produit formel de la série donnée et de la série de Fourier de $\varphi(n_k x)$.

Puisque, dans l'ensemble exceptionnel $\varphi(n_k x) = 0$, l'application des théorèmes I_1, I_2, II et du théorème de Schwarz montre que, pour toute valeur de n et de k, a_n^k et b_n^k sont nuls.

Or, il est aisé de voir que

$$\lim_{k \to \infty} a_n^{(k)} = a_n, \qquad \lim_{k \to \infty} b_n^{(k)} = b_n,$$

donc a_n et b_n sont nuls.

Généralisation du théorème précédent [Généralisation du résultat trouvé

pour les séries partout convergentes par MM. Steinhaus (*Acad. de Cracovie*, 1917, publication polonaise) et Banach (observation non publiée)]. — Soit $\psi(x)$ une fonction intégrable (L) partout finie et supposons que $\lim_{r \to 1} p(r, x)$ existe et soit $\geqq -\psi(x)$ partout, sauf peut-être aux points d'un ensemble exceptionnel du type (H); dans ces conditions la série (1) est une série de Fourier-Lebesgue.

IV. Théorème de localisation. — *Si l'on a dans un intervalle quelconque [sauf peut-être aux points d'un ensemble « d'unicité trigonométrique », ensemble du type* (H) *par exemple*] $\lim_{r \to 1} p(r, x) = 0$, *la série* (1) *converge dans cet intervalle.*

Démonstration. — On multiplie la série (1) par la série de Fourier d'une fonction $\varphi(x)$ convenablement choisie, $\varphi(x) \neq 0$ dans l'intervalle considéré, $\varphi(x) = 0$ en dehors (fonction localisatrice). On applique les théorèmes I_1, I_2 et II (ou III_3).

RADIOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude des rayons X secondaires.* Note [1] de M. **Puthomme**, présentée par M. P. Villard.

Dispositif utilisé. — A quelques millimètres (3 à 6) au-dessus d'une plaque photographique et dans un plan parallèle à celle-ci, sont disposés des fils métalliques suivant deux directions faisant un angle de 90°.

La radiographie de ce dispositif donne une reproduction nette des fils; mais, si l'on place au-dessous de l'ampoule radiogène un écran métallique, par exemple une plaque de plomb de 3^{mm} à 150^{mm} du foyer, une radiographie faite dans ces conditions montre pour chacun des fils trois images : de chaque côté de l'image initiale, due aux rayons émis par le foyer de l'ampoule, il en existe une nouvelle qui résulte des rayons secondaires ayant pour origine le bord de l'écran qui lui est opposé par rapport au fil. La position de ces images secondaires est indépendante de la nature des fils et de la tension utilisée.

L'écran fonctionnant également comme filtre, en augmentant son épaisseur, les autres données expérimentales ne variant pas, l'image directe disparaît et les images dues aux rayons secondaires subsistent seules. Lorsque l'écran émet de faibles radiations, on observe de chaque côté de l'image directe une bande qui commence à proximité de cette dernière et

[1] Séance du 27 août 1923.

dont la limite extérieure correspond comme précédemment au bord de l'écran qui lui est opposé par rapport au fil; on s'explique ainsi qu'une aiguille incluse dans l'organisme puisse donner exceptionnellement une légère ombre étendue et non pas une image nette permettant de la déceler.

Il est facile de vérifier notre interprétation des images secondaires en faisant varier la position de l'écran par rapport au foyer de l'ampoule, il y a toujours corrélation entre ces variations et celles des images.

On peut la vérifier également en interposant un filtre, ayant un coefficient d'absorption suffisant, entre l'écran et les fils : une lame de plomb parallèle à la plaque photographique, que l'on déplace de l'extérieur vers l'axe du faisceau, fait disparaître successivement les images secondaires dues à la partie de l'écran qu'elle recouvre.

L'emploi de ce dispositif ne se limite pas aux corps ayant un nombre atomique élevé, il convient également aux substances dont les constituants ont un faible poids atomique en utilisant leur propriété de renforcer les rayons secondaires de corps tels que le plomb, même lorsqu'elles sont situées à une certaine distance de celui-ci : une lame de fer de quelques dixièmes peut être utilisée comme filtre pour supprimer cet effet.

Ce dispositif peut donc être appliqué à l'étude quantitative des rayons X secondaires; il nous a permis de constater, en radiographie, que l'interposition d'un filtre entre l'organisme et la plaque pouvait déterminer une absorption satisfaisante des rayons secondaires en utilisant, par exemple, soit une plaque d'aluminium de 5^{mm} d'épaisseur, soit une lame de fer de 3 dixièmes, soit une feuille d'or de 3 centièmes.

Ce dernier métal, dont le prix élevé limite l'emploi aux petits formats, convient particulièrement aux examens des voies biliaires; car la faible épaisseur nécessaire n'augmente pas sensiblement la durée de l'examen.

Nous avons recherché également si l'interposition de filtres appropriés pouvait augmenter l'efficacité des systèmes utilisés pour la protection contre l'action nocive des rayons X, et les expériences suivantes montrent qu'en effet il y aurait avantage à utiliser des cloisons multiples dont la qualité (nature et épaisseur), le nombre et la distance respective à la source de radiations seraient fonction de la tension utilisée et de la durée du fonctionnement de l'ampoule.

Expériences. — Un écran constitué par une lame de plomb de 8^{mm} d'épaisseur est placé sur une planche de hêtre à 150^{mm} du foyer d'une ampoule Coolidge (type Standard) alimentée par un contact tournant Gaiffe (courant alternatif 110 volts 42 périodes) à un régime de 97000 volts 5 milliampères; durée de l'expérience : 10 minutes. A 185^{mm}

de l'écran nous plaçons d'abord un filtre constitué par une feuille de fer de 6 dixièmes : le renforcement, dû à la présence du bois, des images secondaires disparaît; nous substituons au fer une lame de plomb de 5mm d'épaisseur, les images secondaires de l'écran disparaissent également. Afin de conserver la visibilité de l'image directe des fils, une ouverture circulaire de 12mm avait été pratiquée au centre de l'écran et recouverte par un petit disque de plomb de 5mm; sans cette précaution, l'action du faiceau direct aurait pu atténuer les images secondaires. Le dispositif plaque-fils n'était entouré d'aucune protection; une cloison de plomb placée verticalement à proximité de la plaque et recevant des radiations peut émettre des rayons secondaires en quantité suffisante pour que l'image directe subsiste seule.

Dans une autre expérience, le tube étant alimenté à 75000 volts 5 milliampères pendant 10 minutes, une lame de plomb de 3mm a suffi pour supprimer les images secondaires provenant de l'écran.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle des protéiques déficientes dans la couverture du besoin minimum d'azote.* Note de MM. **E.-F. Terroine**, **P. Fleuret** et **Th. Stricker**, transmise par M. Henneguy.

Les anciennes recherches de Voit (1861), d'Oerum (1879), celles plus récentes de Kirchmann, Kaufmann, Murlin, Henriques, Mac Collum, Osborne et Mendel, etc., ont établi le fait que les substances protéiques, du type de la gélatine ou de la zéine, maintenant appelées *déficientes* parce que incapables à elles seules de couvrir la totalité du besoin azoté, possèdent cependant des propriétés alimentaires autres que leur valeur énergétique. Elles peuvent couvrir une part fort importante parfois — de l'ordre de 50 pour 100 — du besoin minimum d'azote; d'où leur nom d'*aliments d'épargne azotée*.

D'autre part les recherches de Grafe, dont les résultats ont été confirmés dans leur ensemble par Abderhalden, Underhill et Goldschmidt, Taylor et Ringer, rendent incontestable le fait qu'une part également importante du besoin minimum de N peut être couvert par N ammoniacal (citrate, lactate, acétate).

On peut alors être amené à penser, ainsi que l'un de nous [Terroine [1]] l'a précédemment exposé, que la couverture du besoin azoté par une albumine suffisante serait la conséquence d'un double apport : apport de N différencié sous forme d'acides aminés indispensables; apport de N indifférencié sous forme d'acides aminés non indispensables et susceptibles d'être remplacés par des sels ammoniacaux.

(1) Conférence à l'Institut Solvay, Bruxelles, février 1920.

Une question se pose donc aussitôt : la part du besoin azoté que couvrent les protéiques déficientes n'est-elle pas uniquement celle qui correspond au besoin indifférencié ou, au contraire, apportent-elles en outre quelques constituants azotés nécessaires ?

Pour y répondre, il fallait comparer l'économie de perte azotée réalisée par un organisme dont la dépense azotée est préalablement réduite à son minimum irréductible lors de l'ingestion soit d'une protéique déficiente telle que la gélatine, soit d'un sel ammoniacal.

C'est précisément ce que nous avons fait en déterminant chez des porcelets de 15 à 20^{kg} le bilan azoté, pendant les périodes ci-dessous définies, d'une durée respective de 10 à 15 jours :

1° *Période de base.* — Alimentation ternaire (amidon, saccharose, graisse de porc) couvrant très largement les besoins énergétiques (130 à 150^{cal} par kilogramme d'animal) avec prédominance marquée des hydrates de carbone, mélange salin, vitamines A, B et C (graisse de beurre, extrait de jus de citron).

2° *Période fondamentale : Gélatine ou citrate d'ammoniaque.* — Alimentation identique à celle de la période de base mais contenant en outre, soit sous forme de gélatine, soit sous forme de citrate d'ammoniaque, une quantité de N sensiblement égale à celle rejetée pendant la période de base.

A l'aide des données expérimentales qui seront rapportées en totalité dans un prochain Mémoire, nous avons calculé le bilan quotidien moyen de chaque période et ensuite, à l'aide de ces chiffres, l'économie réalisée par l'organisme comme conséquence de l'apport azoté. C'est l'ensemble de ces résultats qu'on trouve dans le tableau ci-dessous :

	Citrate d'ammoniaque.				Gélatine.			
Porc n°	Période de base.	Période citrate.	Éco-nomie.	Économie pour 100.	Période de base.	Période gélatine.	Éco-nomie.	Économie pour 100.
1...	−0,567	−0,269	0,298	52	−1,111	−0,315	0,796	71
4...	−0,789	−0,529	0,260	32	−0,819	−0,112	0,707	86
6...	−3,987	−2,606	1,381	34	−2,475	−0.962	1,513	61
7...	−0,884	−0.559	0,325	36	−1,159	−0,653	0,506	43
8...	−1,144	−0,873	0,271	23	−0,790	−0,481	0,309	39
9...	−1,108	−0,812	0,296	26	−0,682	−0,369	0,312	45
10...	−1,225	−0,921	0,304	25	−1,104	−0,357	0,747	67

Les résultats obtenus nous permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° Lorsqu'on administre à un porc en croissance une alimentation couvrant largement les besoins énergétiques, les besoins en substances minérales et en vitamines étant également couverts, que le taux de la dépense azotée est ainsi amené à un minimum irréductible, l'économie de dépense

résultant de l'ingestion supplémentaire soit de gélatine, soit de citrate d'ammoniaque, toujours importante, est très variable suivant les individus.

2° La comparaison faite pour chaque sujet montre que la gélatine permet toujours une économie très sensiblement plus élevée que le citrate d'ammoniaque. Il ne semble donc pas que le rôle des protéiques déficientes puisse être strictement réduit à un apport d'ammoniaque.

Quels sont les constituants de la gélatine, et d'une manière plus générale, des protéiques déficientes, qui assurent leur supériorité sur les sels ammoniacaux? Quelle est d'autre part la signification physiologique du besoin indifférencié dont la grandeur est loin d'être négligeable et qui peut être couvert par un sel ammoniacal? Ces deux questions, que posent les résultats acquis, font l'objet de nos recherches actuelles.

PHYSIOLOGIE. — *Étude des vitamines chez les Mollusques. Sur la présence du facteur antiscorbutique dans l'Huître.* Note de Mme **Randoin**, présentée par M. Joubin.

La présence de vitamines a été recherchée d'abord chez les Lamellibranches anisomyaires (*Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*). En ce qui concerne spécialement l'Huître et l'existence de facteur antiscorbutique ou *facteur* C chez ce Mollusque, une conclusion fort nette peut dès à présent être formulée.

Technique. — Pour déceler la présence de la vitamine C dans l'Huître, j'ai employé comme réactif biologique le Cobaye soumis à un régime renfermant, *sauf le facteur antiscorbutique*, tous les éléments indispensables, en proportions convenables. Après de multiples essais, j'ai publié, il y a quelques mois, avec J. Lopez Lomba, la formule d'un tel régime (¹) et ensuite les symptômes et les troubles divers déterminés chez le Cobaye par l'usage exclusif de cette *ration scorbutigène* (²). Je n'y reviendrai donc pas dans la présente Note.

Quatre lots de Cobayes de poids moyen (de 400^g à 600^g) ont été mis en expérience. Les Cobayes du premier lot recevaient la ration scorbutigène seule et se trouvaient par conséquent *uniquement privés de facteur* C.

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1003.
(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1573.

Aux animaux du deuxième lot, qui prenaient cette même nourriture, on administrait, en outre, chaque jour, — pour rendre le régime absolument complet —, une petite quantité d'un aliment extrêmement riche en facteur C, soit 3$^{cm^3}$ *de jus de citron.*

Pour les Cobayes du troisième lot, on remplaçait simplement le jus de citron par 15^g *d'huîtres* hachées [1] que l'on mélangeait chaque jour à la ration scorbutigène (120 à 150^g).

Il convient de faire remarquer que ces 15^g d'huîtres fraîches renferment une très forte proportion d'eau (88-90 pour 100) et ne constituent pas par conséquent une *quantité* d'aliments appréciable, l'extrait sec qu'ils fournissent ne représentant que 3 pour 100 environ de la quantité totale ingérée chaque jour.

Enfin les animaux du quatrième lot recevaient à la fois, outre la ration scorbutigène, 3$^{cm^3}$ *de jus de citron* et 15^g *d'huîtres* hachées.

Résultats obtenus. — Pour les deux premiers lots, les résultats ont été absolument conformes à ceux que nous avons publiés naguère.

Les animaux du premier lot ont présenté les symptômes caractéristiques du *scorbut* (molaires branlantes, lésions osseuses, hémorragies, etc.) et sont tous morts au bout de 28 à 33 jours, après avoir perdu de 25 à 35 pour 100 de leur poids (voir sur le graphique, à titre d'exemple : courbes n° 115 et n° 100).

Tous ceux du troisième lot, dont le régime se trouvait complété par les 3$^{cm^3}$ de jus de citron, ont poursuivi normalement leur croissance jusqu'à la fin de l'expérience, — laquelle a duré 45 jours —, et sont demeurés en parfaite santé.

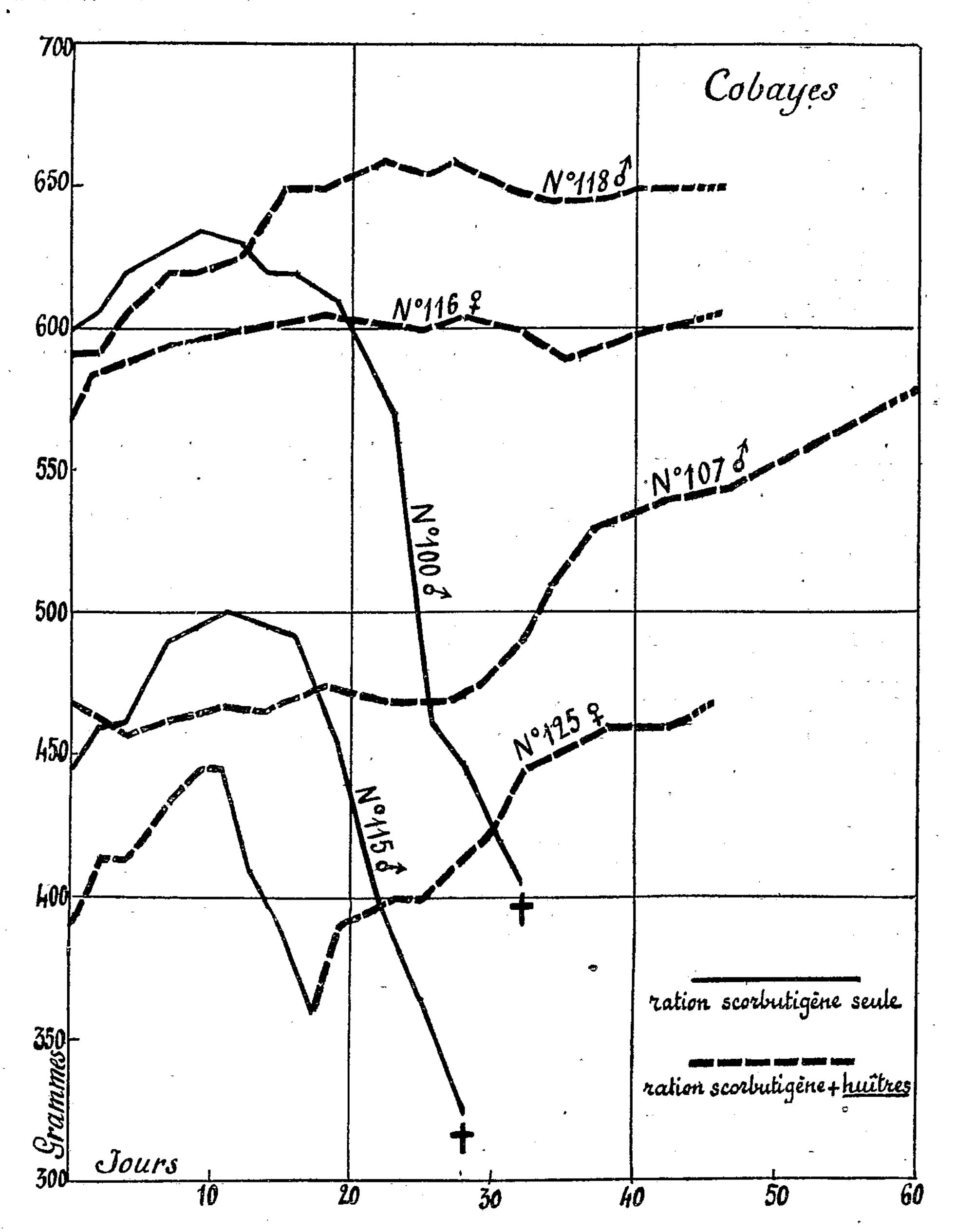
Quant aux Cobayes du troisième lot, qui recevaient 15^g d'huîtres par jour, ils ne présentaient, au bout d'un mois et demi, aucun symptôme de scorbut et n'avaient pas diminué de poids (voir courbes relatives aux Cobayes n° 116 et n° 118).

Le graphique indique également que, si l'on cesse pendant quelques jours de mélanger des huîtres à la ration, la courbe de poids de l'animal baisse immédiatement et qu'elle se relève ensuite lorsqu'on donne de nouveau des huîtres (n° 125). Enfin, un Cobaye mis exceptionnellement en expérience dès la fin d'avril (n° 107) avait nettement augmenté de poids

---

[1] Toutes les huîtres que nous avons employées provenaient directement d'Arcachon.

au moment où tous les animaux ont dû être sacrifiés, c'est-à-dire au début d'août.



Comme on devait s'y attendre, les Cobayes du dernier lot, qui recevaient

à la fois du jus de citron et des huîtres, se sont comportés exactement comme ceux qui prenaient le jus de citron seul.

Conclusions. — Bien que ces expériences aient été faites en plein été, époque de l'émission du frai, elles ont déjà montré nettement qu'à la dose de 15^{g} par jour, les huîtres renferment assez de facteur C pour prévenir les accidents scorbutiques. Il est à peu près certain qu'en hiver, dans des conditions beaucoup plus favorables à tous les points de vue, l'emploi d'une quantité d'huîtres moins forte aboutira aux mêmes résultats.

Cette présence, en quantité notable, du facteur antiscorbutique dans l'huître se trouve évidemment en rapport avec la nourriture de ce Mollusque, laquelle consiste en organismes microscopiques du plankton et, essentiellement, en *diatomées*.

ICHTYOLOGIE. — *Sur les thonnides en Grèce*. Note de M. **Athanassopoulos**, présentée par M. L. Joubin.

Les thons pêchés en Grèce sont rares; ils ne donnent pas lieu à une pêche spéciale et il n'existe pas de madragues de grande taille, mais seulement de petites et rudimentaires à proximité de la côte n'arrivant pas au delà de 150-300^{m}.

Mais, par contre, se pêchent abondamment les autres thonnidés et surtout les *Auxis bisus* (v. *Copania*) et la *Pelamys sarda* (v. *Pelamys*). On pêche aussi, mais en quantité beaucoup moins considérable, les *Xiphias gladius*, *Thunnina*, etc., et les *Seriola dumerilii*. Le poisson qui, par son abondance, devient tout à fait populaire est l'*Auxis bisus*, vendu ordinairement comme *Pelamys*.

Ce qui est curieux et constitue le but principal de la présente Note, c'est la distribution des madragues dans les mers grecques, et en général dans la Méditerranée orientale, et par conséquent la distribution respective des thons. Les madragues grecques se trouvent *seulement* dans la mer Egée. Dans la mer Ionienne on n'en trouve presque pas et la pêche au thon et aux autres thonnidés est presque nulle.

Mais si nous poussons plus loin nos recherches, nous trouvons une pêche abondante de thonnidés et surtout de *Pelamys* dans les Dardanelles et la mer de Marmara. L'abondance de la *Pelamys* dans ces parages est inouïe et alimente une industrie très florissante. De grandes quantités de ces *Pelamys* sont salées et sont répandues dans tout l'Orient.

Sur les côtes de l'Asie Mineure, les Thonnidés ne se trouvent presque pas. Si dans la mer de Marmara la pêche au *Pelamys* est florissante, sur la côtes de l'Asie Mineure, ce sont les viviers et les pêches au chalut qui prospèrent. Ainsi les deux populations des pêcheurs forment deux mondes bien différents vu l'espèce et les méthodes de pêche.

La même chose s'observe sur les côtes de l'Égypte. Nous voyons donc que l'aire des thons et des thonnidés s'étend dans le bassin de la mer Egée et vers les côtes grecques avec continuité dans les Dardanelles et la mer de Marmara. De ces observations résulte qu'il y a un grand centre des thonnidés dans la mer Egée ou la mer Noire. Mais ce dernier, selon nous, vu la grande régularité des mouvements des thonnidés dans la mer Noire, ne paraît pas probable; on peut plutôt supposer que le centre des thonnidés étant dans l'Egée, ces poissons sont attirés à des saisons de l'année déterminées par les courants des Dardanelles.

Quant aux mouvements de ces poissons sur les côtes grecques, nous remarquons une très grande irrégularité. Toutes les théories émises à ce sujet jusqu'à présent ne paraissent pas du tout probables. Dans les baies on constate que l'entrée des poissons se fait tout aussi bien des deux côtés que par le centre.

A une distance assez considérable de la côte et presque en haute mer, on remarque le passage de grands bancs de poissons migrateurs, surtout d'*Auxis*. Des engins de pêche spéciaux, travaillant en pleine mer, capturent en quelques heures de grandes parties de ces bancs. Ces engins se composent de filets circulaires très hauts (jusqu'à 20 brasses), lancés de deux petits bateaux à moteurs suivant deux arcs circulaires autour du banc découvert.

En critiquant lesdites observations et ayant en vue que la pêche aux thonnidés s'exerce aussi en abondance aux côtes de Sicile, de Sardaigne, de Tunis, de France, d'Espagne, et pas du tout dans l'Adriatique, nous concluons que dans la Méditerranée il y a deux bassins de concentration des thons et thonnidés; l'un est occidental, formé par les côtes espagnoles, françaises, les îles italiennes et les côtes africaines, et l'autre oriental, dans la mer Egée, à proximité des côtes grecques.

La séance est levée à $3^{h}10^{m}$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1923.

Pasteur et le Transformisme, par L. BLARINGHEM. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 vol. 19cm,5.

Alghe di Australia, Tasmania e Nuova Zelanda, par G. B. DE TONI e ACHILLE FORTI. Venezia, Premiate officine grafiche Carlo Ferrari, 1923; 1 vol. 35cm.

Les bois coloniaux, par H. LECOMTE. Paris, Armand Colin, 1923; 1 vol. 17cm,5.

La simultanéité générale et le temps universel, par le lieutenant-colonel CORPS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 fasc. 24cm.

Les théories de la relativité dépassent les données de l'expérience, par le lieutenant-colonel CORPS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 fasc. 24cm

Physique du Globe, par CH. MAURAIN. Paris, Armand Colin, 1923; 1 vol. 17cm,5.

Service géographique de l'Armée. *La nouvelle Carte de France*. Paris, Imprimerie du Service géographique de l'Armée, 1923; 1 vol. 25cm.

Physiologie oculaire humaine et comparée, normale et pathologique, par W. NICATI. Paris, Schleicher frères, 1909; 1 vol. 26cm.

Les opérations cardinales de l'esprit humain, noble Pantagruel, par ALCUIN MILIAIT. Paris, Gaston Doin, 1923; 1 vol. 25cm,5.

Études de Lépidoptérologie comparée, par CHARLES OBERTHÜR. Fasc. 21, Part 1. Rennes, Oberthür, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Société internationale d'histoire de la Médecine. *Comptes rendus du deuxième Congrès international d'histoire de la Médecine*, par LAIGNEL-LAVASTINE et FOSSEYEUX. Évreux, Ch. Hérissey, 1922; 1 vol. 28cm. (Présenté par M. Widal.)

Fondation Charles Gerhardt. *Inauguration de la fondation et du médaillon Gerhardt. Liste des souscripteurs.* Angers, Société française d'Imprimerie et de Publicité, s. d.; 1 fasc. 19cm. (Hommage de M. A. Haller.)

Institut de France. Académie des Sciences. Observatoire d'Abbadia. *Catalogue de 1343 étoiles, dont 720 fondamentales, comprises entre* $+43°$ *et* $-26°$, *observées en* 1919, 1920, 1921, *réduites à* 1920,0. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1923; 1 broch. 41cm.

Les méthodes d'application du régionalisme, par UN COMITÉ DE RÉDACTION. Trévoux, J. Jeannin, 1923; 1 vol. 25cm.

Minéralogie de Madagascar. Tome III : Lithologie, Appendice, Index géographique, par A. LACROIX. Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1923; 1 vol. 29cm.

L'idée de la théorie de la relativité, par H. THIRRING. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 19^cm^. (Présenté par M. P. Painlevé.)

Catalogue des manuscrits du fonds Cuvier, conservés par HENRI DEHÉRAIN. Hendaye, Observatoire d'Abbadia, 1922; 1 fasc. 25^cm^.

Documents relatifs au contrôle scientifique de la féculerie, par P. NOTTIN. Paris, Baillière et fils et Librairie agricole, 1923; 1 fasc. 25^cm^.

Essai de philosophie chimique, par MAURICE DELACRE. Paris, Payot, 1923; 1 vol. 20^cm^.

Zoölogische philosophie, par J. B. P. A. LAMARCK. Encyclopaedie van de wereldbibliotheek; 1 vol. 18^cm^.

Les origines de l'homme actuel, par LÉON MAC-AULIFFE. Paris, Amédée Legrand, 1923; 1 fasc. 28^cm^.

ERRATA.

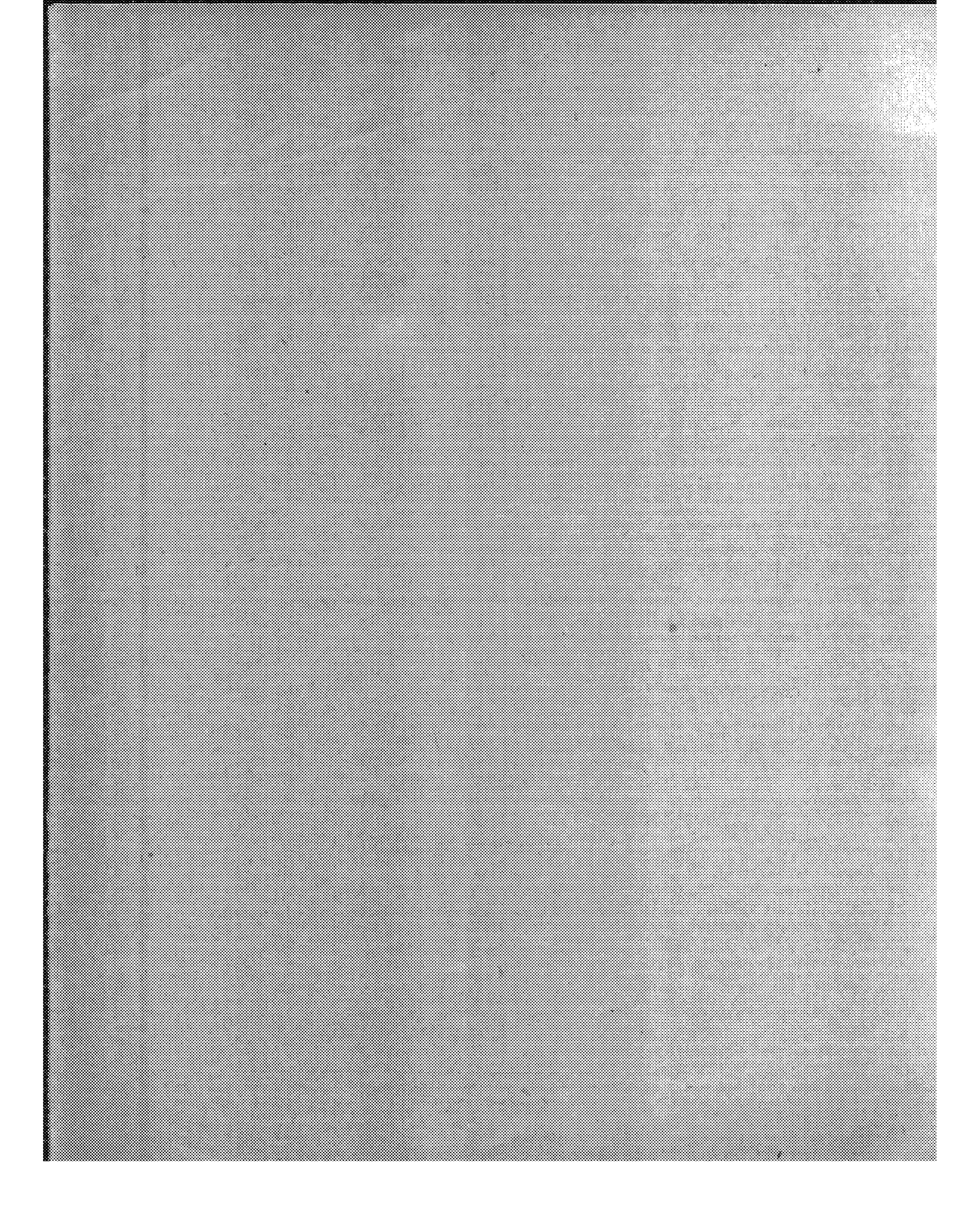
(Séance du 20 août 1923.)

Note de M. *Paul Vuillemin*, Variation et fluctuation dans le nombre des stigmates :

Page 445, ligne 3, au lieu de *orientale*, lire *bracteatum*.



RATEAU



N° 10

TABLE DES ARTICLES (Séance du 3 Septembre 1923)

CORRESPONDANCE.

	Pages.
M. Alfredo Errera. — Un théorème sur les liaisons	489
M. Alexandre Rajchman. — Sur la théorie riemannienne des séries trigonométriques	491
M. Puthomme. — Contribution à l'étude des rayons X secondaires	494
MM. E.-F. Terroine, P. Fleuret et Th. Stricker. — Rôle des protéiques déficientes dans la couverture du besoin minimum d'azote	496
Mme Randoin. — Étude des vitamines chez les Mollusques. Sur la présence du facteur antiscorbutique dans l'Huître	498
M. Athanassopoulos. — Sur les thonnides en Grèce	502

Bulletin bibliographique ... 503

Errata ... 504

70711 — 9-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouellier

1923
DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 11 (10 Septembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

Article 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 SEPTEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** se fait l'interprète des sentiments de douloureuse sympathie qu'inspire à l'Académie la nouvelle de la catastrophe qui vient de ravager le Japon et prie M. *Aikitu Tanakadate*, membre de l'Académie impériale des sciences de Tokio, qui assiste à la séance, d'en transmettre l'expression aux savants japonais.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les tourbillons et les surfaces de glissement dans les fluides*. Note (¹) de M. **Hadamard**.

La récente Note de M. Villat (²) ramène l'attention sur les phénomènes que peuvent présenter les fluides dans les cas où les calculs de l'hydrodynamique rationnelle conduisent à des contradictions. Nous avions abordé ce sujet dans nos *Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'Hydrodynamique* (³). Des considérations développées en cet endroit, il nous paraît résulter que l'explication admise depuis Helmholtz — production de surfaces de glissement à l'intérieur du milieu — ne se suffit pas à elle-même : rien ne s'oppose théoriquement à ce que de telles surfaces, une fois formées, subsistent, mais leur naissance est incompréhensible, du moins à

(¹) Séance du 3 septembre 1923.

(²) *Comptes rendus*, juillet 1923.

(³) Paris, Hermann, 1903 : Note II à la fin de l'ouvrage.

titre de phénomène *primitif*, de première dérogation aux lois de l'Hydrodynamique classique.

Malgré cela, plusieurs importants travaux, parus depuis 1903, se sont placés au point de vue de Helmholtz, sans qu'une étude approfondie ait été, à notre connaissance, consacrée à l'origine du phénomène.

Comme c'est, ainsi qu'il est bien connu, l'intervention de pressions négatives qui pose le plus impérieusement la question, cette origine semble, *a priori*, devoir être cherchée dans une cavitation initiale : dans le cas d'un gaz comme dans celui d'un liquide à surface libre, c'est-à-dire dans tous les cas usuels, cette explication, exacte ou non, ne souffre pas de difficulté théorique.

Il était particulièrement intéressant, dans ces conditions, de se demander ce qui arriverait pour un liquide remplissant exactement son récipient. C'est le cas traité dans la Note qui nous intéresse.

M. Villat avait d'abord cherché à se placer au point de vue de Helmholtz. Mais, bien au contraire, l'expérience —, d'accord, ce qui n'est point fait pour surprendre, avec le raisonnement mathématique tel qu'il s'était présenté à nous —, a montré que les choses se passent tout autrement.

Reste à savoir par quel mécanisme initial naissent les tourbillons observés par M. Camichel et calculés par M. Villat. Une cavitation extrêmement petite suffirait sans doute à en rendre compte, étant donné que l'incompressibilité du liquide et l'invariabilité du récipient ne sont, physiquement parlant, qu'approximations. Cette explication n'a pas semblé déraisonnable à MM. Villat et Camichel, d'après la correspondance que je viens d'échanger avec ces deux savants; mais, bien entendu, la vraie réponse ne peut être demandée qu'à l'expérience. La Science la trouvera, il y a tout lieu de l'espérer, dans les recherches d'un si haut intérêt que poursuit M. Camichel.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Maurice Delacre. *L'enseignement de la chimie à l'Université de Gand.*

M. le colonel **Francisco Afonso Chaves** annonce que le gouvernement portugais a donné le nom du Prince *Albert de Monaco* à l'Observatoire de Horta (île du Faial) et invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes par lesquelles l'administration et la population des Açores célébreront la mémoire du regretté prince.

L'Académie répondra par le télégramme suivant :

« Colonel Chaves, directeur du Service météorologique des Açores, Ponta Delgada, S. Miguel.

« L'Académie des Sciences de l'Institut de France, regrettant de ne pouvoir être représentée à Horta par un de ses membres, se joint au Peuple açoréen et à son Service météorologique dans l'hommage rendu à la mémoire du Prince de Monaco.

« A. Lacroix, Émile Picard. »

RADIATIONS. — *Ondes et quanta* (1). Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Jean Perrin.

Considérons un mobile matériel de masse propre m_0 se mouvant par rapport à un observateur fixe avec une vitesse $v = \beta c$ ($\beta < 1$). D'après le principe de l'inertie de l'énergie, il doit posséder une énergie interne égale à $m_0 c^2$. D'autre part, le principe des quanta conduit à attribuer cette énergie interne à un phénomène périodique simple de fréquence ν_0 telle que

$$h\nu_0 = m_0 c^2,$$

c étant toujours la vitesse limite de la théorie de relativité et h la constante de Planck.

Pour l'observateur fixe, à l'énergie totale du mobile correspondra une fréquence $\nu = \frac{m_0 c^2}{h\sqrt{1-\beta^2}}$. Mais, si cet observateur fixe observe le phénomène périodique interne du mobile, il le verra ralenti et lui attribuera une fré-

(1) Au sujet de la présente Note, voir M. Brillouin, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1318.

quence $\nu_1 = \nu_0\sqrt{1-\beta^2}$; pour lui, ce phénomène varie donc comme

$$\sin 2\pi\nu_1 t.$$

Supposons maintenant qu'au temps $t = 0$, le mobile coïncide dans l'espace avec une onde de fréquence ν ci-dessus définie se propageant dans la même direction que lui avec la vitesse $\frac{c}{\beta}$. Cette onde de vitesse plus grande que c ne peut correspondre à un transport d'énergie; nous la considérerons seulement comme une onde fictive associée au mouvement du mobile.

Je dis que, si au temps $t = 0$, il y a accord de phase entre les vecteurs de l'onde et le phénomène interne du mobile, cet accord de phase subsistera. En effet, au temps t le mobile est à une distance de l'origine égale à $vt = x$; son mouvement interne est alors représenté par $\sin 2\pi\nu_1 \frac{x}{v}$.

L'onde, en ce point, est représentée par

$$\sin 2\pi\nu\left(t - \frac{x\beta}{c}\right) = \sin 2\pi\nu x\left(\frac{1}{v} - \frac{\beta}{c}\right).$$

Les deux sinus sont égaux, l'accord de phase est réalisé si l'on a

$$\nu_1 = \nu(1-\beta^2),$$

condition évidemment satisfaite par les définitions de ν et ν_1.

La démonstration de cet important résultat repose uniquement sur le principe de relativité restreinte et sur l'exactitude de la relation des quanta tant pour l'observateur fixe que pour l'observateur entraîné.

Appliquons d'abord ceci à un atome de lumière. J'ai montré ailleurs [1] que l'atome de lumière doit être considéré comme un mobile de masse très petite ($< 10^{-50}$ gr.) se mouvant avec une vitesse très sensiblement égale à c (bien que légèrement inférieure). Nous arrivons donc à l'énoncé suivant : « *L'atome de lumière équivalent en raison de son énergie totale à une radiation de fréquence ν est le siège d'un phénomène périodique interne qui, vu par l'observateur fixe, a en chaque point de l'espace même phase qu'une onde de fréquence ν se propageant dans la même direction avec une vitesse sensiblement égale (quoique très légèrement supérieure) à la constante dite vitesse de la lumière.* »

Passons maintenant au cas d'un électron décrivant d'une vitesse uniforme

---

[1] Voir *Journal de Physique*, 6e série, t. 3, 1922, p. 422.

sensiblement inférieure à c une trajectoire fermée. Au temps $t = 0$, le mobile est en un point O. L'onde fictive associée, partant alors de O et décrivant toute la trajectoire avec la vitesse $\frac{c}{\beta}$, rattrape l'électron au temps τ en un point O' tel que $\overline{OO'} = \beta c \tau$.

On a donc

$$\tau = \frac{\beta}{c}[\beta c(\tau + T_r)] \qquad \text{ou} \qquad \tau = \frac{\beta^2}{1-\beta^2} T_r,$$

où T_r est la période de révolution de l'électron sur son orbite. La phase interne de l'électron, quand celui-ci va de O en O', varie de

$$2\pi\nu_1\tau = 2\pi\frac{m_0 c^2}{h} T_r \frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Il est *presque nécessaire* de supposer que la trajectoire de l'électron n'est stable *que si* l'onde fictive passant en O' retrouve l'électron en phase avec elle : l'onde de fréquence ν et de vitesse $\frac{c}{\beta}$ doit être en résonance sur la longueur de la trajectoire. Ceci conduit à la condition

$$\frac{m_0\beta^2c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} T_r = nh, \qquad n \text{ étant entier.}$$

Montrons que cette condition de stabilité est bien celle des théories de Bohr et Sommerfeld pour une trajectoire décrite à vitesse constante. Appelons p_x, p_y, p_z les quantités de mouvement de l'électron suivant trois axes rectangulaires. La condition générale de stabilité énoncée par Einstein est en effet

$$\int_0^{T_r} (p_x\,dx + p_y\,dy + p_z\,dz) = nh \qquad (n \text{ entier}) \text{ (1)},$$

ce qui peut dans le cas présent s'écrire

$$\int_0^{T_r} \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)\,dt = \frac{m_0\beta^2c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} T_r = nh,$$

comme ci-dessus.

---

(1) Le cas des mouvements quasi périodiques ne présente aucune difficulté nouvelle. La nécessité de satisfaire à la condition énoncée au texte pour une infinité de pseudo-périodes conduit aux conditions de Sommerfeld.

Dans le cas d'un électron tournant avec une vitesse angulaire ω sur un cercle de rayon R, on retrouve pour les vitesses assez petites la formule primitive de Bohr : $m_0 \omega R^2 = n \frac{h}{2\pi}$.

Si la vitesse varie le long de la trajectoire, on retrouve encore la formule de Bohr-Einstein si β est petit. Si β prend de grandes valeurs, la question devient plus compliquée et nécessitera un examen spécial.

Poursuivant dans la même voie, nous sommes parvenus à des résultats importants qui seront prochainement communiqués. Nous sommes dès aujourd'hui en mesure d'expliquer les phénomènes de diffraction et d'interférences en tenant compte des quanta de lumière.

MÉTÉORITES. — *La météorite de Saint-Sauveur (Haute-Garonne); circonstances de sa chute.* Note [1] de MM. **Mengaud** et **Mourié**.

Le Musée d'Histoire naturelle de Toulouse possède une météorite tombée à 17^{km} au nord de la ville, sur le territoire de Saint-Sauveur (Haute-Garonne).

Grâce aux renseignements qu'ont bien voulu nous donner M. le maire et M. le curé de cette commune, puis M. Duprat, médecin, et M. J.-M. Costes, propriétaire à Bruguières, nous pouvons faire connaître les principales circonstances de la chute de cette météorite.

Le 10 juillet 1914, entre 14^h et 15^h, par temps calme et forte chaleur, les habitants de Saint-Sauveur et des communes environnantes, en particulier Bruguières et Saint-Jory, entendirent une série d'explosions comparables à un roulement de tonnerre. On crut d'abord à un accident arrivé à un avion survolant le pays. En réalité, une météorite venait de tomber dans la commune de Saint-Sauveur, à 1500^m à peu près du sud du village, sur les pentes des coteaux dominant la vallée de l'Hers-Mort et la grande plaine alluviale de Saint-Jory, sur la rive droite de la Garonne.

Le point de chute exact se trouve dans le quartier de Saint-Sauveur dit « la Côte », non loin du petit bois de « Casso lébré » d'après le plan cadastral. Sur la carte d'État-Major, il est très voisin de la limite sud de la feuille de Montauban, n° 218, à $6\text{-}7^{mm}$ de la cote 175.

---

[1] Séance du 27 août 1923.

M. E. Roujol et sa mère, cultivateurs à Bruguières, qui travaillaient tout près de là, furent d'abord très effrayés par le bruit de la chute et la traînée lumineuse. D'après leur récit à M. J.-M. Costes, ils auraient vu brûler un peu de chaume et constaté la présence d'un trou dans le champ d'avoine, récemment moissonné, de leur voisin M. Esculié, cultivateur à Saint-Sauveur.

M. Champagne, curé de Saint-Sauveur, avait aperçu également de son jardin la traînée lumineuse, de direction sensiblement SSE-NNW et entendu les explosions.

Un peu plus tard des habitants de Saint-Sauveur et de Bruguières, des ouvriers de la briqueterie Morel, située à 1^{km} environ au sud-est du point de chute, se rendirent sur les lieux et procédèrent à l'extraction de la « pierre tombée du ciel ». Ils en détachèrent un certain nombre de fragments d'un poids global d'environ 480^g et cela sans grande difficulté, ont-ils dit.

Nous avons vu le trou d'où la pierre fut extraite. Il était creusé dans un sol argileux dépourvu de cailloux; la terre en était fortement tassée au fond, lisse et durcie sur les parois; sa profondeur atteignait $0^m,70$.

La météorite fut ensuite apportée à la mairie de Saint-Sauveur où M. le maire Cazemajou l'a vue, puis remise à M. Esculié, propriétaire du champ où elle était tombée, qui la réclama. Quelques jours plus tard, refusant des offres avantageuses qui lui avaient été faites, M. Esculié donna très généreusement la météorite au Musée d'Histoire naturelle de Toulouse, où elle est exposée dans une vitrine spéciale.

C'est une belle pièce du poids de 14^{kg} et d'un volume voisin de 3600^{cm^3}. De forme irrégulière, elle porte à la surface les concavités en forme d'empreintes de doigts dans la glaise si fréquentes dans un grand nombre de météorites. Elle est revêtue d'une croûte qui, d'une épaisseur de 1 à 2^{mm} et d'abord vitreuse et noirâtre, prend peu à peu la teinte rouille. Très dure, on n'en détache des fragments qu'en faussant le tranchant des burins, même de bon acier et bien trempés. Il se produit au choc de vives étincelles et une forte odeur de gaz sulfureux. Les cassures sont d'aspect finement grenu et de couleur très foncée, presque noire. On y voit de nombreuses petites paillettes métalliques. M. A. Lacroix a bien voulu se charger de décrire sa composition.

La séance est levée à $15^h 5^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'aout 1923.

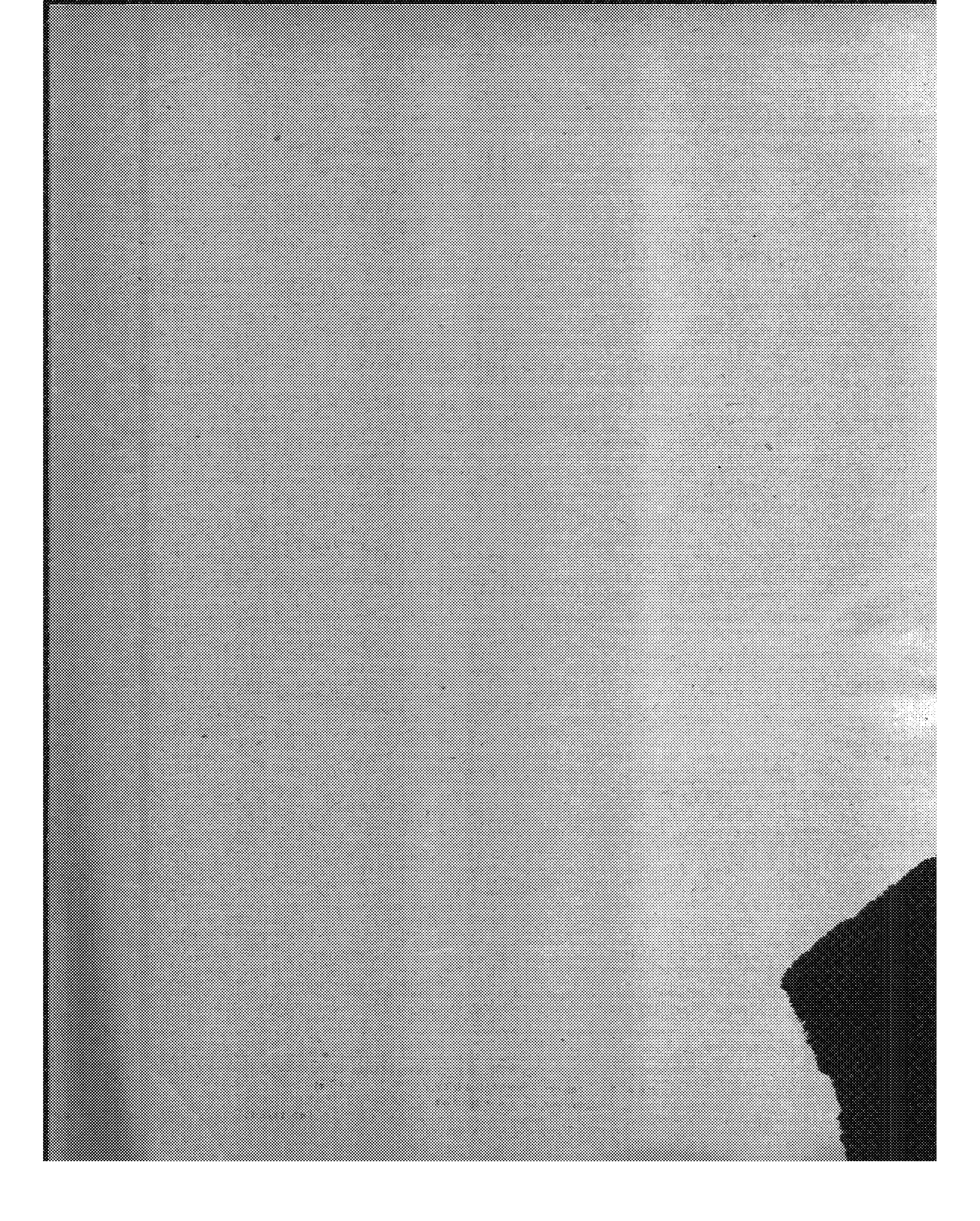
Premier Congrès international des Sociétés astronomiques. Rapport général par M. L. Montangerand. Toulouse, Imprimerie et Librairie Édouard Privat, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. B. Baillaud.)

Notions d'Hydrologie appliquée à l'hygiène, par A. Guillerd. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Accademia nazionale dei Lincei. *Commemorazione di Luigi Pasteur.* Discorsi dei soci V. Volterra, G. Farco, F. Bottazzi, E. Marchiafava. Roma, Tipografia della R. Accademia nazionale dei Lincei, 1923; 1 fasc. 28cm.

Physiologie obstétricale normale et pathologique, par H. Vignes. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Roux.)

Pascal n'a pas inventé le haquet, par Ernest Jovy. Paris, Édouard Champion, 1923; 1 fasc. 25cm.



N° 11.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 10 Septembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. le Président prie M. *Aikitu Tanakadate* de transmettre aux savants japonais les sentiments de douloureuse sympathie qu'inspire à l'Académie la nouvelle de la catastrophe qui vient de ravager le Japon. 505

M. Hadamard. — Sur les tourbillons et les surfaces de glissement dans les fluides... 505

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un ouvrage de M. *Maurice Delacre*..... 506

M. le colonel Francisco Afonso Graves annonce à l'Académie que le gouvernement portugais a donné le nom du Prince *Albert de Monaco* à l'Observatoire de Horta........................ 507

M. Louis de Broglie. — Ondes et quanta.. 507

MM. Mengaud et Mourie. — La météorite de Saint-Sauveur (Haute-Garonne); circonstances de sa chute................ 510

Bulletin bibliographique.. 512

70755 — 9-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923
DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 12 (17 Septembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 SEPTEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. JOSEPH BOUSSINESQ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient de faire en la personne de M. **J. Violle** et prononce quelques mots sur notre regretté Confrère.

M. **P. Villard** prend ensuite la parole pour résumer l'Œuvre de M. J. Violle.

Notre Confrère **Jules Violle**, doyen de la Section de Physique, vient de s'éteindre dans sa propriété de Fixin, près de Dijon.

Né le 16 novembre 1841 à Langres, il fut reçu à l'École Normale en 1861. Nommé après sa thèse professeur à la Faculté de Grenoble, puis à Lyon, il devint maître de Conférences à l'École Normale en 1884 et, en 1891, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

En 1897, il fut élu à l'Académie où il succédait à Fizeau.

Avec lui disparaît un grand physicien, dont le savoir était profond, dont l'Œuvre est de premier ordre : chose rare, cette Œuvre n'a pas vieilli; les méthodes ne portent pas la marque du temps, l'ampleur des moyens d'action dont M. Violle usait dans ses Travaux n'a pas été dépassée, les sujets de ses Recherches étaient de ceux dont l'intérêt n'a fait que croître avec les découvertes modernes, son Traité de Physique ne renferme pas une page dont la valeur soit aujourd'hui diminuée.

Les grandes questions qui s'inscrivent en tête de la Physique générale ont constamment retenu l'attention de M. Violle, et, tout particulièrement, le problème capital du rayonnement des corps à haute température. Une

longue série de recherches, largement traitées, fut consacrée par lui à l'étude de la radiation solaire, à la mesure des températures élevées, à la création d'étalons de lumière.

La détermination de la Constante solaire et de l'absorption atmosphérique l'occupa pendant plusieurs années; après avoir construit un actinomètre de grande précision, M. Violle n'hésita pas à porter l'instrument sur les hauts sommets des Alpes, sur le mont Blanc même, en 1875, puis, deux ans plus tard, en plein été, au Sahara, où les conditions atmosphériques sont d'une remarquable constance. Il obtint ainsi pour la constante solaire la première valeur dont la haute approximation fût certaine.

Pour avoir une évaluation approchée de la température du soleil, M. Violle compara son rayonnement à celui de sources qu'il eut soin de choisir exceptionnelles : ce furent des coulées d'acier aux forges d'Allevard, puis des bains de platine en fusion, et il montra que, contrairement à ce qu'on supposait alors, la température moyenne de la surface solaire ne dépasse pas quelques milliers de degrés.

Le problème de la mesure correcte des hautes températures fut résolu par lui à l'aide d'une méthode nouvelle, basée sur la détermination de la loi de variation des chaleurs spécifiques de corps très réfractaires, et comportant l'emploi de moyens d'action dont la puissance, encore actuellement, paraît considérable; ce fut avec des arcs électriques consommant plus de cent chevaux qu'il mesura la température du cratère positif et put dès lors évaluer celle, plus élevée encore, de la flamme jaillissant de ce cratère. La détermination précise des points de fusion de l'or, du palladium, du platine, etc., vint d'autre part donner aux physiciens de nouveaux repères dont l'exactitude ne laissait rien à désirer.

Ces travaux le conduisirent à la création d'un étalon absolu de lumière. Le Congrès international avait, en 1881, posé la question et signalé l'impossibilité de définir les sources de lumière constituées par des flammes; M. Violle proposa une solution audacieuse, mais parfaite au point de vue définition, qui était de prendre comme source l'unité de surface de platine fondu à sa température de solidification. En 1884, la Conférence internationale comprit l'intérêt que présentait le choix d'une telle source lumineuse et adopta le nouvel étalon, auquel le nom de M. Violle restera toujours attaché.

Nous ne saurions oublier les expériences mémorables de M. Violle sur la vitesse de propagation du son, la déformation progressive des fronts d'onde, la dispersion des sons complexes dans un milieu limité.

Rappelons encore sa remarquable Thèse sur l'équivalent mécanique de la calorie déterminé par une méthode aussi nouvelle qu'ingénieuse, consistant à utiliser l'élévation de température produite par les courants de Foucault dans une masse métallique en mouvement dans un champ magnétique.

M. Violle n'est plus, mais, dans le monde savant où il ne comptait que des amis, son souvenir demeurera, et son nom sera toujours cité dans les Mémoires et les Ouvrages de Physique générale.

Nous pensons être l'interprète des sentiments de l'Académie en adressant à la famille de notre regretté Confrère l'expression de nos très sincères condoléances et de notre profonde sympathie.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la couleur propre des nuages.* Note de M. **P. Villard.**

On a souvent parlé de la couleur des nuages, mais en faisant seulement ainsi allusion aux teintes qu'ils prennent lorsqu'ils sont éclairés par les rayons colorés du soleil à son coucher ou à son lever, et l'on admet généralement que tous les nuages, qu'ils soient formés d'eau ou de glace sont des objets blancs, ne pouvant posséder d'autre couleur que celle de la lumière qui les éclaire.

J'ai fait, au cours de ces vingt dernières années, de nombreuses observations montrant qu'il est loin d'en être toujours ainsi : très souvent, les nuages peuvent présenter une couleur propre et, bien que recevant du soleil, très élevé sur l'horizon, de la lumière blanche, ils ne sont pas nécessairement blancs.

L'une de mes premières observations fut la suivante : au début d'une après-midi d'été, je voyais, au NNW, à une distance de 8^{km} environ, une série de petits cumulus alignés, à la même hauteur, suivant une direction approximativement EW, et, par suite, éclairés pour moi à peu près de face; il n'y avait pas d'autres nuages dans le ciel; d'autre part, le soleil étant très haut et les cumulus tous à la même altitude, aucun d'eux ne pouvait porter ombre sur l'un des autres.

Ces nuages étaient en voie de lente évaporation sur place et, en même temps qu'ils se dissipaient, leur teinte se modifiait considérablement : très blancs d'abord, sauf, à la base, une étroite bande bleutée correspondant à la partie non éclairée, ils sont devenus peu à peu fauves, puis se sont assombris graduellement jusqu'à devenir d'un gris bleuté se détachant presque en noir sur le fond très pur du ciel.

La dissipation de ces cumulus étant devenue presque complète, totale même pour quelques-uns, une nouvelle condensation s'est produite, régénérant à peu près les

mêmes nuages qui ont alors repassé, en ordre inverse, par les mêmes teintes que précédemment.

En moins de deux heures j'ai observé plusieurs disparitions et réapparitions de ces légers cumulus, toujours avec les mêmes variations de couleur, et aucun doute ne pouvait subsister sur la réalité du phénomène.

Il existe donc parfois des nuages qui, en lumière blanche, et observés du côté éclairé, peuvent présenter des teintes diverses et même se détacher en noir sur le ciel, c'est-à-dire avoir un albedo très inférieur à celui de ce dernier.

Les conditions un peu spéciales du cas précédent se présentent rarement, mais il est une foule de circonstances dans lesquelles on peut faire en toute certitude des observations analogues. Il en est ainsi dans la plupart des embellies, lorsque le temps se dégage et qu'il n'y a plus, dans une grande étendue de ciel, que deux ou trois petits cumulus assez éloignés les uns des autres pour ne pouvoir se porter ombre [1]; on observe alors souvent que ces cumulus en voie d'évaporation s'assombrissent, puis noircissent avant de disparaître, ou, au contraire, passent du noir bleuté au blanc lorsque après disparition presque complète ils viennent à se reformer, ce qui correspond généralement à un arrêt de l'embellie.

Parfois ces nuages presque noirs, entraînés par le vent, passent devant un grand cumulus plus éloigné et très éclatant : le contraste devient alors tout à fait frappant.

Par exemple, au Croisic, vers 11^h, à la fin d'une matinée à averses par vent de NW, le ciel s'étant presque entièrement dégagé, une bande de cumulus d'un noir bleuté se détachait au NW, c'est-à-dire à l'opposé du soleil, sur un fond très blanc de cumulus beaucoup plus lointains; en même temps, à une hauteur de 15° à 20°, et à une distance qui, à en juger par la rapidité du déplacement, ne pouvait dépasser 3^{km} à 4^{km}, un nuage peu épais, paraissant couvrir au moins 1° carré, était, dans toute son étendue, d'un noir bleuté très franc et, d'ailleurs, en voie de dissipation rapide. Ce nuage était cependant fortement éclairé presque de face, aucun autre nuage ne se trouvant alors dans la région du ciel comprise entre lui et le soleil, ni même bien au delà.

On observe couramment ce même phénomène lorsque, à la suite de mauvais temps, le vent passe progressivement de l'W au NW et au N. Le manteau pluvieux se fragmente alors en cumulus de plus en plus clairsemés, de plus en plus petits, qui sont tous à la même altitude et ne peuvent par suite se porter ombre si le soleil est un peu élevé au-dessus de l'horizon.

---

(1) Si l'on est placé en un lieu élevé, on peut souvent vérifier que les ombres de ces nuages se projettent sur le sol.

Parfois il ne reste plus dans toute l'étendue du ciel que deux ou trois, ou même un seul de ces nuages en cours de dissipation, et l'observation devient facile et certaine.

Dans de telles circonstances, comme dans d'autres moins aisées à définir, j'ai vu nombre de fois des cumulus, ou des stratus, résultant de la dégénérescence de ceux-ci, prendre, en s'évaporant, des teintes fauves, violacées, ou bleu ardoise plus ou moins foncé, avant de disparaître; parfois ces nuages passent par une teinte assez peu différente de celle du ciel pour qu'on cesse un instant de les distinguer nettement; le noircissement continuant à augmenter, on ne tarde pas à les voir réapparaître se détachant en noir sur le ciel, alors que peu auparavant ils apparaissaient plus clairs.

Très souvent le nuage qui s'évapore ne s'assombrit pas sur toute sa surface visible : la partie centrale reste blanche ou à peine teintée, les bords seuls et les parties qui se désagrègent noircissent. C'est d'ailleurs généralement ainsi que débute le phénomène, qui peut s'arrêter à ce stade ou même s'inverser si une condensation nouvelle vient à se produire.

J'ai fait nombre d'observations de ce genre dans diverses régions de la France; le phénomène m'a été également signalé à Alger, où il semble se montrer surtout à l'est de la ville, d'où résulte qu'il s'y produit le plus souvent dans l'après-midi.

Ces changements de teinte ne sont pas constants; on les observe souvent par ciel clair et vent faible ou modéré du Nord ou Nord-Ouest : ils sont au contraire très rares ou à peine marqués par temps légèrement brumeux, par vent du Sud-Est par exemple.

Il est remarquable que seuls les nuages aqueux présentent cette particularité : je n'ai jamais observé une variation de teinte quelconque sur les nuages formés par des particules de glace, c'est-à-dire sur les cirrus.

Les nuages ne sont pas les seuls objets aqueux susceptibles de changer de teinte en s'évaporant : le panache, dit de vapeur, qui s'échappe de la cheminée d'une locomotive, ou mieux de la soupape de sûreté ou du sifflet, ce qui exclut toute possibilité de mélange avec de la fumée de charbon, donne très souvent le même résultat, sous la dépendance aussi des conditions atmosphériques; tout jet de vapeur peut convenir et cela permet de préciser facilement les conditions d'éclairement convenables : j'ai ainsi reconnu plus sûrement qu'avec les nuages, que l'angle formé par deux demi-droites menées d'un point du nuage, l'une vers le soleil, l'autre vers l'observateur, doit être inférieur à 90° et, de préférence, aussi petit que possible, d'où résulte que le soleil est haut, les nuages peu élevés sur l'horizon seront seuls dans des conditions favorables.

L'observation suivante est, à ce sujet, très démonstrative.

Par une matinée de juin sans nuages, à La Roche-sur-Yon, sur la place d'Armes, une locomobile en marche donnait un panache se dissipant rapidement sans laisser trace de fumée de charbon. Placé très près de la haute cheminée de la machine, du même côté que le soleil, je voyais le panache se détacher en blanc sur le ciel cependant très lumineux du zénith. L'angle dont il est question plus haut était en effet très supérieur à 90°. Je me suis alors éloigné du côté du soleil de manière à réduire cet angle : progressivement l'éclat du panache s'est atténué, devenant successivement égal, puis inférieur à celui de la région du ciel, plus éloignée du soleil et moins lumineuse que dans le premier cas, sur laquelle il se projetait, et arrivant à paraître presque noir. Revenant alors près de la machine, j'ai vu se succéder, en ordre inverse, la même série d'aspects.

Ces phénomènes, peut-être observés déjà, mais dont les météorologistes ne semblent pas s'être préoccupés, peuvent donner des indications utiles sur l'état de l'atmosphère au niveau des nuages et par là, surtout s'ils ne sont pas trop localisés, conduire à des pronostics d'un certain intérêt.

L'interprétation toutefois en est difficile; on est tenté de penser à la tache noire des bulles de savon; mais nos connaissances sur la constitution des nuages sont insuffisantes pour permettre de tenter une explication. On admet par exemple volontiers que les nuages sont de simples brouillards : or un brouillard, même assez épais pour être à son maximum de pouvoir diffusant, est généralement gris; souvent, en été, on voit l'horizon barré par une brume grisâtre d'où émergent ultérieurement des cumulus d'un blanc éclatant et, de plus, à contours remarquablement nets, tandis que ceux de la brume ou d'un brouillard sont toujours indécis. L'assimilation ne paraît donc pas justifiée.

D'autre part les puissantes décharges électriques que peut donner un cumulus conduisent à admettre que ce nuage est conducteur; or les brouillards sont isolants.

On peut espérer cependant qu'un phénomène accessible à la fois à l'observation et à l'expérience pourra trouver une explication satisfaisante et en même temps utile.

M. **Ch. Gravier** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire dont il est l'auteur sur *la Ponte et l'Incubation chez les Annélides Polychètes*. Parmi les phénomènes très variés que présente l'émission des cellules reproductrices chez ces animaux, il en est un à signaler tout particulièrement : c'est la relation étroite, observée en bien des points du globe, entre la période de ponte de certains Polychètes et les phases lunaires, à tel point qu'aux îles Samoa, par exemple, le jour de la ponte d'un Eunicien [*Eunice viridis* (Gray)] est, chez les indigènes, l'une des principales dates du calendrier.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Fritz Sarazin et Jean Roux. *Nova Caledonia. Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty.* A : Zoologie; vol. III, fasc. I. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Le fascicule XXI, textes et planches, des *Études de Lépidoptérologie comparée,* par Charles Oberthür. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *The Norwegian Aurora polaris Expedition* 1902-1903; vol. I : On the cause of magnetic storms and the origine of terrestrial magnetism, by Kr. Birkeland. First section.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la distribution des valeurs caractéristiques des noyaux de Marty* $N(x,y) = A(x)K(x,y)$. Note de **P. Sergesco**, transmise par M. E. Goursat.

Supposons $|A(x)| < 1$, ce qui ne restreint pas la généralité des résultats. $K(x,y)$ est un noyau symétrique positif admettant les valeurs caractéristiques Λ_n. Soient μ_n^+ les valeurs caractéristiques positives de $N(x,y)$ rangées suivant leur valeur croissante et chacune étant écrite autant de fois que son rang, de la même manière soient μ_n^- les valeurs caractéristiques négatives. D'une façon générale, nous désignerons par λ_n les valeurs caractéristiques (μ^+ et μ^-) rangées suivant leur valeur absolue croissante.

Pour toute fonction $f(x)$ pour laquelle $\int_a^b \int_a^b K(x,y) f(x) f(y)\, dx\, dy \leqq 1$, on a

$$\int_a^b \int_a^b \int_a^b N(x,y) K(x,s) f(s) f(y)\, dx\, dy\, ds \leqq \frac{1}{\mu_1^+}.$$

En effet, d'après l'inégalité de Schwartz, le carré du premier membre est

$$\leqq \int_a^b \int_a^b \int_a^b K(y,s) N^{(2)}(s,u) f(y) f(u)\, dy\, ds\, du.$$

Or, d'après le développement de Marty ([1]), cette dernière expression devient

$$\sum \frac{f_n^2}{\lambda_n^2} = \frac{\Sigma f_n^2}{\lambda_1^2} + f_2^2\left(\frac{1}{\lambda_2^2} - \frac{1}{\lambda_1^2}\right) + \ldots \leqq \frac{\Sigma f_n^2}{\lambda_1^2} \leqq \frac{1}{\lambda_1^2}.$$

On en conclut

$$\int_a^b \int_a^b \int_a^b \mathrm{N}(x, y)\mathrm{K}(x, s)f(s)f(y)\,dx\,dy\,ds \leqq \frac{1}{|\lambda_1|}.$$

Si λ_1 coïncide avec μ_1^+ le théorème est démontré. Sinon, supposons μ_1^+ compris entre $|\mu_p^-|$ et $|\mu_{p+1}^-|$. En conservant les notations de Marty et en posant

$$\mathrm{N}_1(x, y) = \mathrm{N}(x, y) - \sum_1^p \frac{\varphi_j(x)\varphi_j(y)}{(\mu_j^-)^2 \mathrm{A}(y)},$$

on a très facilement

$$\int_a^b \int_a^b \int_a^b \mathrm{N}(x, y)\mathrm{K}(x, s)f(s)f(y)\,dx\,dy\,ds$$
$$\leqq \int_a^b \int_a^b \int_a^b \mathrm{N}_1(x, y)\mathrm{K}(x, s)f(s)f(y)\,dx\,dy\,ds \leqq \frac{1}{\mu_1^+}.$$

La première valeur caractéristique positive $\mu_1'^+$ *du noyau*

$$\mathrm{N}'(x, y) = \mathrm{A}(x)\left[\mathrm{K}(x, y) - \sum_1^n g_j(x) g_j(y)\right] = \mathrm{A}(x)\mathrm{K}'(x, y),$$

où $\mathrm{K}'(x, y)$ *est un noyau positif, est au plus égale à la* $(n+1)^{\text{ième}}$ *valeur caractéristique positive de* $\mathrm{N}(x, y)$.

La démonstration est analogue à celle donnée par M. H. Weyl pour le cas du noyau symétrique ([2]).

On a toujours

$$\frac{1}{\mu_{n+1}^+} \leqq \frac{1}{\lambda_{n+1}}, \qquad \frac{1}{-\mu_{n+1}^-} \leqq \frac{1}{\lambda_{n+1}}.$$

En vertu de l'inégalité de Schwartz, du développement Hilbert-Schmidt et du fait que $|\mathrm{A}(x)| < 1$, on a

$$\int_a^b \int_a^b \mathrm{K}(x, y)\mathrm{A}(x)f(x)f(y)\,dx\,dy \leqq \frac{1}{\lambda_1}$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 603.
([2]) *Mathematische Annalen*, t. 71, 1912, p. 443.

pour toute fonction $f(x)$ telle que $\int_a^b f^2(x)\,dx \leqq 1$. En prenant pour $f(x)$ la solution fondamentale de $N(x, y)$ correspondant à μ_1^+ on obtient

$$\frac{1}{\mu_1^+} \leqq \frac{1}{\lambda_1}.$$

Pour la formule générale, on prend les $g_j(x)$ de manière que la première valeur caractéristique de $K'(x, y)$ soit Λ_{n+1}. On a alors

$$\frac{1}{\mu_{n+1}^+} \leqq \frac{1}{\mu_1'^+} \leqq \frac{1}{\Lambda_{n+1}}.$$

Théorème fondamental. — *Si* $N(x, y) = A(x)K(x, y)$ *admet des dérivées premières continues dans le carré d'intégration, on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{n^3}{\lambda_n^2} = 0.$$

Ce théorème est l'extension du théorème donné par M. Weyl (*loc. cit.*) pour les noyaux symétriques. Considérons, parmi les n premières valeurs λ, les $m > \frac{n}{2}$ ayant un même signe. On a

$$\frac{m^3}{\lambda_m^2} \geqq \frac{m^3}{\mu_m^2} \geqq \frac{m^3}{\lambda_n^2} \geqq \frac{n^3}{8\lambda_n^2}.$$

Quand n tend vers l'infini, m tend aussi vers l'infini. Or, d'après le théorème cité de M. Weyl, la limite (pour $m = \infty$) du premier membre est O, ce qui démontre notre théorème.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie riemannienne des séries trigonométriques*. Note (1) de M. Antoine Zygmund, présentée par M. Henri Lebesgue.

Les théorèmes sur la multiplication et l'intégration formelle, qui jouent le rôle fondamental dans la théorie riemannienne des séries trigonométriques ont été adoptés par plusieurs auteurs (L. Féjer, M. Riesz, W. H. Young et surtout A. Rajchman) aux séries divergentes sommables par le procédé des moyennes arithmétiques, ou celui de Poisson.

Dans cette Note nous nous proposons de montrer qu'une partie des résul-

(1) Séance du 10 septembre 1923.

tats obtenus dans cet ordre d'idées pour les séries à coefficients tendant vers zéro s'étend à un cas plus général.

Incidemment nous sommes amené à faire des raisonnements qui nous paraissent nouveaux, même si l'on se restreint au cas particulier des coefficients tendant vers zéro.

Ce qui suit se rattache, en particulier, à une Note de M. Rajchman [1]; pour faciliter le rapprochement nous suivons l'ordre d'exposition et la terminologie adoptés par M. Rajchman.

I. *Multiplication.* — 1. Supposons que les coefficients des séries trigonométriques

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx \tag{1}$$

et

$$\lambda(x)=\frac{\alpha_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx \tag{2}$$

remplissent la condition ($\gamma \geqq 0$, entier ou non)

$$\lim_{n\to\infty} n^{-\gamma}\sqrt{a_n^2+b_n^2}=\lim_{n\to\infty} n^{2\gamma+3}\sqrt{\alpha_n^2+\beta_n^2}=0, \tag{3}$$

et que l'on ait de plus

(condition C) $\lambda(x_0)=0, \quad \frac{d^k\lambda}{dx^k}=0,$ pour $x=x_0$ et $k<\gamma+1$.

Soit

$$\frac{k_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} k_n \cos nx + l_n \sin nx \tag{4}$$

le produit formel des séries (1) et (2); nous démontrerons :

1° Que la série (4) est sommable vers zéro pour $x=x_0$ par le procédé de la moyenne arithmétique d'ordre γ;

2° Que la série conjuguée à (4), savoir

$$\sum_{n=1}^{\infty} l_n \cos nx - k_n \sin nx, \tag{5}$$

est sommable pour $x=x_0$ par le même procédé (avec somme en général différente de zéro);

---

[1] *Comptes rendus*, 3 septembre 1923.

3° Que la série (4) différentiée formellement p fois est, pour $x = x_0$, sommable vers zéro par le procédé de la moyenne arithmétique d'ordre $\gamma + p$.

4° Un résultat analogue relatif aux dérivées de la série (5).

5° Que si les conditions (C) sont remplies dans tout un ensemble E, les sommabilités de ci-dessus ont lieu *uniformément* dans E.

2. Les résultats analogues subsistent pour γ négatif non entier. La deuxième des conditions (C) disparaît alors.

3. Il est aisé de déduire du théorème I des propositions analogues au théorème I_2 de M. Rajchman complétées par un énoncé relatif aux séries conjuguées.

II. *Double intégration.* — Posons

$$p(r, x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) r^n,$$

$$F(x) = \frac{a_0 x^2}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n \cos nx + b_n \sin nx}{n^2} \tag{6}$$

et supposons la convergence de la série (6) et la continuité de sa somme $F(x)$; alors on a pour toute valeur de x

$$\liminf_{r \to 1} p(r, x) \leq \limsup_{h \to 0} \frac{F(x+h) + F(x-h) - 2F(x)}{h^2},$$

$$\liminf_{h \to 0} \frac{F(x+h) + F(x-h) - 2F(x)}{h^2} \leq \limsup_{r \to 1} p(r, x).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété d'élimination et les fonctions algébroïdes.* Note [1] de M. **Georges J. Rémoundos**, présentée par M. Henri Lebesgue.

J'ai démontré (Thèse de doctorat, 1906, Paris) [2] que toute fonction algébroïde à ν branches prend dans le domaine de l'infini toutes les valeurs sauf, peut-être, 2ν au plus (l'infini compris) qui s'appellent exceptionnelles.

La méthode qui m'a conduit à cette généralisation du théorème classique de M. Picard suggère la question de tâcher de diminuer le nombre 2ν en

(1) Séance du 10 septembre 1922.

(2) *Sur les zéros d'une classe de fonctions transcendantes* (*Thèse de doctorat* et *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2e série, t. 8, 1906).

le remplaçant par $\nu+1$ au moins dans des cas généraux. C'est mon élève, M. Varopoulos, qui s'est proposé cette tâche dans sa Thèse de doctorat (Paris, 1923) et dans une Note récente [1], dans laquelle, guidé par les indications de M. Montel, il arrive à énoncer un résultat intéressant qui répond à la question que je lui avais proposée.

Je me propose de signaler ici que ce résultat n'est qu'une application d'une propriété générale d'élimination qui se rattache intimement au problème étudié par M. Varopoulos. Cette propriété est la suivante :

Soit

$$F(z, u) = u^\nu + A_1(z)u^{\nu-1} + A_2(z)u^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-1}(z)u + A_\nu(z), \tag{1}$$

où les $A_1, A_2, \ldots, A_\nu$ sont des fonctions *absolument quelconques* (pas toutes constantes). Considérons ν valeurs distinctes (quelconques) $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_\nu$ de u et ensuite une nouvelle valeur $u = u_1$ et posons

$$F(z, \alpha_1) = \varphi_1(z), \quad F(z, \alpha_2) = \varphi_2(z), \quad F(z, \alpha_3) = \varphi_3(z), \quad \ldots, \quad F(z, \alpha_2) = \varphi_\nu(z); \tag{2}$$

$$F(z, u_1) = f_1(z). \tag{3}$$

Nous avons les théorèmes suivants :

THÉORÈME I. — *Le résultat de l'élimination des* $A_1, A_2, \ldots, A_\nu$ *entre les* $\nu+1$ *équations* (2) *et* (3) *qui est de la forme*

$$b + b_1\varphi_1(z) + b_2\varphi_2(z) + \ldots + b_\nu\varphi_\nu(z) + bf_1(z) = 0 \tag{4}$$

(les b étant des constantes),

ne saurait se décomposer (se déchirer) en d'autres identités [constituées des termes de (4)] que dans le cas où il existe une relation linéaire à coefficients constants au moins entre les fonctions $A_i(z)$.

THÉORÈME II. — *Le même résultat d'élimination ne saurait se décomposer de la façon ci-dessus indiquée pour plus de* $\nu - 1$ *valeurs de u finies et distinctes des* $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_\nu$. *S'il existe de telles valeurs, elles doivent être considérées comme exceptionnelles.*

Il en résulte le corollaire suivant :

S'il existe λ *relations entre les* $A_i(z)$ *linéaires à coefficients constants, le nombre des valeurs de u pour lesquelles le même résultat d'élimination peut se décomposer est au plus égal* à λ. *Si nous tenons aussi compte des valeurs pri-*

---

[1] *Sur les valeurs exceptionnelles des fonctions multiformes* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 306).

mitives $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_\nu$ et de l'infini, cette limite supérieure s'élève à $\lambda + \nu + 1$.

Nous avons aussi des théorèmes et des cas d'exceptions analogues à ceux de M. Picard et de ses généralisations aux fonctions multiformes, mais ces nouveaux théorèmes sont *d'un caractère purement algébrique* valables quelles que soient les fonctions $A_i(z)$.

Pour appliquer ces théorèmes à l'Analyse afin d'obtenir mon théorème sur les valeurs dans le domaine de l'infini de la fonction algébroïde ainsi que le théorème énoncé dans la Note de M. Varopoulos, nous n'avons qu'à supposer que les coefficients $A_i(z)$ sont des fonctions entières ou méromorphes et que les valeurs considérées de u sont exceptionnelles au sens de M. Picard.

En effet, avec ces hypothèses, le résultat de l'élimination ne saurait être une identité possible que dans le cas où elle peut se décomposer en d'autres moyennant l'existence de valeurs exceptionnelles ou bien formelles ou bien équivalentes. (Voir ma Thèse citée de doctorat.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le passage de la théorie des fonctions fondamentales Fredholm à celle des fonctions fondamentales Schmidt.* Note [1] de M. **O.-N. Tino**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. Entre la classe des noyaux symétriques et celle des noyaux non symétriques existe la classe intermédiaire des noyaux symétriques gauches

$$K(x,y) \equiv -K(y,x) \tag{1}$$

étudiée pour la première fois par M. Tr. Lalesco [2], et puis plus tard, par M. Th. Anghelutza [3].

Dans ce qui suit, cette classe de noyaux est employée pour mettre en évidence le passage des fonctions fondamentales Fredholm aux fonctions fondamentales Schmidt.

2. Les valeurs singulières Fredholm correspondant à la résolvante de $K(x,y)$ (symétrique gauche) sont toutes de la forme $\mu_i (i = \sqrt{-1})$.

Si $\mu_k i\ (\mu_k > 0)$ est l'une de ces valeurs singulières et

$$\varphi_k(x) = U_k(x) + i V_k(x)$$

---

[1] Séance du 10 septembre 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1336.

[3] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 243.

une fonction fondamentale correspondant à cette valeur singulière, la détermination de $\varphi_k(x)$ revient à celle des fonctions $U_k(x)$ et $V_k(x)$ par le système

$$(2)\quad \begin{cases} U_k(x) = -\mu_k \int_a^b K(x, s) V_k(s)\, ds, \\ V_k(x) = \mu_k \int_a^b K(x, s) U_k(s)\, ds, \end{cases}$$

comme l'a bien remarqué M. Th. Anghelutza.

En utilisant la propriété (1) du noyau symétrique gauche, on peut mettre le système (2) sous deux formes différentes :

$$(3)\quad \begin{cases} U_k(x) = \mu_k \int_a^b K(x, s) [-V_k(s)]\, ds, \\ [-V_k(x)] = \mu_k \int_a^b K(s, x) U_k(s)\, ds; \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} V_k(x) = \mu_k \int_a^b K(x, s) U_k(s)\, ds, \\ U_k(x) = \mu_k \int_a^b K(s, x) V_k(s)\, ds, \end{cases}$$

d'où l'on déduit que $\{U_k(x), [-V_k(x)]\}$ et $\{V_k(x), U_k(x)\}$ sont deux paires de *fonctions fondamentales Schmidt* correspondantes à la même *valeur singulière Schmidt* $\mu_k > 0$; alors leur détermination et leurs propriétés découlent de la théorie générale de Schmidt sur le système de fonctions fondamentales définies par le système d'équations

$$(s)\quad \begin{cases} \varphi(x) = \mu \int_a^b K(x,s)\, \psi(s)\, ds, \\ \psi(x) = \mu \int_a^b K(s,x)\, \varphi(s)\, ds; \end{cases}$$

dans ceci apparaît l'importance du noyau symétrique gauche introduit par M. Tr. Lalesco.

3. D'après ce qui précède, développer une fonction de la forme

$$(5)\quad f(x) = \int_a^b K(x,y)\, h(y)\, dy,$$

$[K(x,y)$ et $h(y)$ bornés et de carrés intégrables et $K(x,y) \equiv -K(y,x)]$

en série de fonctions *fondamentales-Fredholm* du noyau $K^{(2)}(x,y)$ signifie développer la même fonction (5) en série de fonctions *fondamentales Schmidt* du noyau non symétrique $(K(x,y)$. A la suite de cette remarque les résultats de MM. Lalesco et Anghelutza sur le développement d'une fonction (5) sont obtenus en énonçant tout simplement le *théorème de Schmidt*.

4. Considérons maintenant une suite de valeurs

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \lambda_3, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots$$

et supposons qu'il existe un noyau $K(x,y)$ tel que $K^{(2)}(x,y)$ et $\overline{K(x,y)}$ (les noyaux itérés *Fredholm* et *Schmidt*) aient les mêmes valeurs singulières

$$\lambda_1^2, \quad \lambda_2^2, \quad \lambda_3^2, \quad \ldots, \quad \lambda_n^2, \quad \ldots$$

et que

$$\int_a^b K^{(2)}(x,x)\,dx = \sum_{k=1} \frac{1}{\lambda_k^2}. \tag{6}$$

Dans ces conditions, ayant de même d'après la théorie de Schmidt

$$\int_a^b \overline{K(x,x)}\,dx = \sum_{k=1} \frac{1}{\lambda_k^2}, \tag{7}$$

on déduit que l'on doit avoir

$$\int_a^b [K^{(2)}(x,x) - \overline{K(x,x)}]\,dx = 0,$$

ou encore

$$\int_a^b \int_a^b \{[K(x,y)]^2 - K(x,y)\,K(y,x)]\,dx\,dy = 0. \tag{A}$$

Mais la valeur constante de l'intégrale double ne change pas quand on change les variables entre elles, donc

$$\int_a^b \int_a^b \{[K(y,x)]^2 - K(x,y)\,K(y,x)]\}\,dx\,dy = 0; \tag{B}$$

par suite, on déduit

$$\int_a^b \int_a^b [K(x,y) - K(y,x)]^2\,dx\,dy = 0, \tag{C}$$

ce qui ne peut avoir lieu que si $K(x,y) \equiv K(y,x)$, c'est-à-dire quand le *noyau est symétrique*.

De même, si nous supposons que $K^{(2)}(x, y)$ et $\overline{K(x, y)}$ aient pour valeurs singulières respectivement $-\lambda_k^2$ et λ_k^2 ($k = 1, 2, 3, \ldots, n$) et que

$$\int_a^b K^{(2)}(x, x)\, dx = -\sum_{k=1} \frac{1}{\lambda_k^2},$$

on déduit de la même manière que

$$K(x, y) \equiv -K(y, x).$$

Donc il n'existe pas de noyau $K(x, y)$ non symétrique (borné et intégrable), tel que le genre de $D(\lambda)$ (Fredholm) soit au plus égal à un, tel que les noyaux itérés (Fredholm et Schmidt) $[K^{(2)}(x, y)$ et $\overline{K(x, y)}]$, aient les mêmes valeurs singulières (réciproquement) respectives.

De même, il n'existe pas de noyau non symétrique $K(x, y)$, borné et intégrable, et tel que le genre de $D(\lambda)$ (Fredholm), soit au plus égal à un — sauf le noyau symétrique gauche — tel que $K^{(2)}(x, y)$ et $\overline{K(x, y)}$ aient les valeurs singulières (respectivement et réciproquement) égales et de signes contraires.

Remarque. — Il résulte de ce qui précède (et l'on peut démontrer aussi directement) que s'il existe un noyau non symétrique, borné et intégrable, ayant les mêmes valeurs singulières (Fredholm et Schmidt), *le genre de* $D(\lambda)$ correspondant à ce noyau non symétrique, *est égal à deux*.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Démonstration mathématique de la loi d'hérédité de Mendel.* Note [1] de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

Soit H un groupe d'individus contenant trois classes A, B, C différentes. Supposons que les individus de chaque classe puissent appartenir à deux sexes différents et admettons que la probabilité d'appartenir à l'un des deux sexes est la même pour chaque classe. Nous dirons alors que les individus du groupe H sont soumis à une *panmixie normale*, s'il n'y a aucune sélection, c'est-à-dire si tous les croisements sont également probables, également fertiles, et si le taux de mortalité est le même pour toutes les classes. En admettant de plus que tous les croisements conduisent à des individus de même groupe H, nous pouvons déterminer chaque loi permanente d'hérédité

[1] Séance du 10 septembre 1923.

par 18 coefficients non négatifs E^A_{AA}, E^B_{AA}, ..., E^A_{CC}, où E^C_{AB} représente, par exemple, la probabilité pour que le croisement d'un individu de la classe A avec un individu de la classe B donne un individu de la classe C. On aura évidemment six relations de la forme

$$E^A_{AA} + E^B_{AA} + E^C_{AA} = 1. \tag{1}$$

Nous dirons qu'une loi d'hérédité satisfait au *principe de stationnarité si, à partir de la seconde génération, la distribution des individus entre les trois classes reste la même dans toutes les générations successives.*

Dans ces conditions nous allons établir le théorème suivant :

La seule loi d'hérédité, compatible avec le principe de stationnarité, d'après laquelle le croisement d'un individu de la classe A *avec un individu de la classe* B *donne toujours un individu de la classe* C, *est la loi de Mendel* [les classes A et B seront des lignes pures, c'est-à-dire $E^A_{AA} = E^B_{BB} = 1$, et la classe C sera hybride (¹)].

En effet, α, β, γ ayant respectivement les probabilités d'appartenir aux classes A, B, C dans la première génération, on aura, en désignant par α_1, β_1, γ_1 les probabilités d'appartenir aux mêmes classes dans la seconde génération,

$$\alpha_1 = f(\alpha, \beta, \gamma), \qquad \beta_1 = \varphi(\alpha, \beta, \gamma), \qquad \gamma_1 = \psi(\alpha, \beta, \gamma), \tag{2}$$

où f, φ, ψ sont des formes quadratiques à coefficients non négatifs, telles que

$$f + \varphi + \psi \equiv (\alpha + \beta + \gamma)^2, \tag{3}$$

à cause de (1). D'après le principe de stationnarité, on doit avoir identiquement :

$$\left\{\begin{aligned} (\alpha+\beta+\gamma)^2 f(\alpha,\beta,\gamma) &\equiv f[f(\alpha,\beta,\gamma), \varphi(\alpha,\beta,\gamma), \psi(\alpha,\beta,\gamma)],\\ (\alpha+\beta+\gamma)^2 \varphi(\alpha,\beta,\gamma) &\equiv \varphi[f(\alpha,\beta,\gamma), \varphi(\alpha,\beta,\gamma), \psi(\alpha,\beta,\gamma)],\\ (\alpha+\beta+\gamma)^2 \psi(\alpha,\beta,\gamma) &\equiv \psi[f(\alpha,\beta,\gamma), \varphi(\alpha,\beta,\gamma), \psi(\alpha,\beta,\gamma)]. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

La condition, qui résulte de l'hypothèse que le croisement mutuel des individus de la classe A et B conduit nécessairement à des individus de la

(¹) Rappelons que, d'après la loi de Mendel,

$$E^A_{CC} = E^B_{CC} = \frac{1}{4}, \qquad E^C_{CC} = E^C_{AC} = E^C_{BC} = E^A_{AC} = E^B_{BC} = \frac{1}{2},$$

les autres coefficients étant nuls à cause de (1).

classe C, signifie que dans f et φ il n'y a pas de terme en $\alpha\beta$. Or, si, quels que soient α, β, γ (avec $\alpha+\beta+\gamma=S=1$), les équations (2) ne donnaient qu'un nombre limité de valeurs à α_1, β_1, γ_1, les fonctions f, φ et ψ ne dépendraient que de S, ce qui est incompatible avec la remarque que l'on vient de faire. Donc, on aura nécessairement

$$(5)\quad \begin{cases} f(\alpha,\beta,\gamma)=\alpha S+F(\alpha,\beta,\gamma),\\ \varphi(\alpha,\beta,\gamma)=\beta S+F(\alpha,\beta,\gamma),\\ \psi(\alpha,\beta,\gamma)=\gamma S-2F(\alpha,\beta,\gamma),\end{cases}$$

où l'équation du second degré

$$F(\alpha,\beta,\gamma)=0$$

devra être satisfaite par toutes les distributions stationnaires; en remarquant, d'autre part, que le coefficient de α^2 dans f et de β^2 dans φ ne saurait dépasser 1, on trouve la forme nécessaire de

$$F(\alpha,\beta,\gamma)=-\alpha\beta+l\alpha\gamma+m\beta\gamma+n\gamma^2.$$

En substituant ensuite les expressions (5) dans (4), on obtient l'identité unique

$$(6)\quad S\equiv 2F'_\gamma-F'_\alpha-F'_\beta,$$

de laquelle on tire immédiatement

$$(7)\quad F(\alpha,\beta,\gamma)=-\alpha\beta+\frac{1}{4}\gamma^2.$$

Par conséquent, nous déduisons de (5) la forme nécessaire des fonctions

$$(8)\quad \begin{cases} f(\alpha,\beta,\gamma)=\alpha S-\alpha\beta+\frac{1}{4}\gamma^2=\left(\alpha+\frac{\gamma}{2}\right)^2,\\ \varphi(\alpha,\beta,\gamma)=\beta S-\alpha\beta+\frac{1}{4}\gamma^2=\left(\beta+\frac{\gamma}{2}\right)^2,\\ \psi(\alpha,\beta,\gamma)=\gamma S+2\alpha\beta-\frac{1}{2}\gamma^2=2\left(\alpha+\frac{\gamma}{2}\right)\left(\beta+\frac{\gamma}{2}\right),\end{cases}$$

qui exprime précisément la loi d'hérédité de Mendel.

Ce résultat pourrait être appliqué, il me semble, pour reconnaître si la loi d'hérédité dans un groupe H est celle de Mendel ou non; il suffit, après avoir constaté que le croisement des deux classes A et B conduit toujours à la classe unique C, de réaliser *la panmixie normale* (en corrigeant, s'il y a lieu, les inégalités de fertilité et de mortalité), — pour vérifier la loi

de Mendel il sera nécessaire et suffisant de constater qu'un régime stationnaire s'est établi dès la seconde génération.

Je ne m'arrêterai pas sur les formules (que j'ai établies ailleurs), par lesquelles il faudrait remplacer les formules (8), si l'on rejetait la condition de Mendel que le croisement de A avec B produit C, et je laisserai également de côté pour le moment le problème de la loi d'hérédité dans le cas où le nombre de classes est supérieur à trois.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une différence caractéristique entre les modes d'action des freins d'avant et d'arrière.* Note de M. **A. Petot**, transmise par M. P. Appell.

On fait en ce moment de grands efforts pour perfectionner le freinage sur l'avant; je vais essayer de montrer, en vue de ces recherches, ce qu'on peut demander respectivement aux freins d'arrière et d'avant, quels que soient les dispositifs adoptés. Soient A et A′ les points de contact des roues arrière avec le sol, A_1 et A'_1 ceux des roues avant; φ et φ' les angles de braquage en A_1 et A'_1, que l'on supposera constants pendant le freinage; C le point où le prolongement de A′A est rencontré à la fois par les deux normales en A_1 et A'_1 aux plans médians des roues avant, ρ la distance de ce point au milieu de AA′; on prendra pour trièdre trirectangle de référence $Gxyz$ où G est le centre de gravité, Gx la parallèle à l'axe longitudinal et Gz la verticale ascendante.

1. *Double objet d'un frein d'automobile.* — Considérons une automobile lancée en courbe sur palier, et voyons les conditions à remplir pour l'arrêter, à l'aide des freins, en faisant décroître sa vitesse d'une manière continue, sans choc ni dérapage. On peut admettre que, pendant le freinage, la voiture tourne autour de la verticale du centre instantané C, ou encore que son centre de gravité G décrit un arc de cercle autour de cette verticale en même temps qu'elle tourne sur elle-même autour de la verticale Gz.

On aperçoit ainsi le double objet des freins, qui est d'arrêter à la fois le mouvement de translation propre de la masse entière, supposée concentrée au centre de gravité, et le mouvement de rotation autour de la verticale mobile passant par ce point. Il reste à voir par quels organes et comment ces deux fonctions peuvent être remplies simultanément. Soient Σ le système des réactions *tangentielles* exercées par le sol sur les roues freinées et F_x,

F_y, F_z; H_x, H_y, H_z les éléments de la réduction de ce système par rapport au trièdre $Gxyz$. Ceux de ces éléments dont il faut surtout tenir compte sont la force F_x et le couple H_z, les autres étant seulement assujettis à rester très petits pour qu'ils ne puissent pas donner lieu à des perturbations importantes.

2. *Freins sur l'arrière.* — Le système Σ ne comprend ici que les deux réactions tangentielles T et T' du sol sur les roues arrière, réactions parallèles à Gx. On a donc

$$F_x = -(T + T'). \tag{1}$$

Puis, comme on s'arrange pour que le point G soit à peu près dans le plan médian de la voiture, et aussi pour que les forces T et T' soient sensiblement égales, le couple H_z est, sinon nul, du moins tout à fait négligeable. De là cette conséquence :

Que l'on prenne un frein de mécanisme avec un frein de roues ou un double frein de roues, les freins arrière ne freinent directement que le mouvement de translation de la voiture, et pas du tout son mouvement de rotation propre autour de la verticale de G; *ils ne constituent dès lors, en quelque sorte, qu'un demi-système de freinage.*

C'est l'adhérence transversale qui fait le reste, mais encore faut-il qu'elle soit suffisante. Soient S et S' les réactions transversales en A et A' parallèles à Gy, d et d_1 les distances horizontales de G aux essieux, I le moment d'inertie de la voiture par rapport à Gz et enfin γ_1 la valeur absolue de l'accélération de retard due aux freins. Un raisonnement simple montre que l'on doit avoir à chaque instant du freinage, pour que l'adhérence transversale soit suffisante :

$$(S + S').d > \frac{I.\gamma_1}{\rho}, \tag{2}$$

inégalité où l'on aperçoit une double menace de dérapage, tenant à ce que l'adhérence transversale disponible $S + S'$ diminue précisément quand l'accélération γ_1 va en croissant.

3. *Freins sur l'avant.* — Il faut cette fois considérer les éléments F_x, F_y et H_z. En désignant par $2e$ la voie de la voiture, on a

$$F_x = -T_1 \cos\varphi - T'_1 \cos\varphi'; \tag{3}$$

$$F_y = -T_1 \sin\varphi - T'_1 \sin\varphi'; \tag{4}$$

$$H_z = -d_1 T_1 \sin\varphi + e T_1 \cos\varphi - d_1 T'_1 \sin\varphi' - e T'_1 \cos\varphi'. \tag{5}$$

1° L'équation (3) est analogue à (1); elle montre, à cause de la petitesse

de φ et φ', que les freins d'avant se comportent à peu près comme ceux d'arrière pour l'arrêt du mouvement de translation d'ensemble.

2° La formule (4) marque un inconvénient propre aux freins sur l'avant: la valeur absolue de F_y venant s'ajouter dans les courbes à la force centrifuge. On l'évitera au besoin, quand il y aura danger, en freinant d'abord sur l'arrière pendant quelques instants, et se tenant prêt à freiner à l'avant, s'il y a menace de dérapage.

3° Dans la formule (5) le premier et le troisième terme sont négatifs, et l'on voit en outre que les deux autres ont une somme algébrique négative. Le couple H_z est donc résistant, d'où la conclusion :

Tout en arrêtant, comme les freins d'arrière, le mouvement de translation de la voiture, les freins d'avant interviennent directement dans le freinage de son mouvement propre de rotation autour de la verticale Gz.

C'est ce dernier fait qui marque essentiellement la différence entre le mode d'action des deux genres de freins; l'adhérence transversale n'a plus alors à fournir le couple $\frac{I.\gamma_1}{\rho}$, mais seulement ce couple diminué de H_z qui est de grandeur comparable.

On reste toujours ainsi assez loin de l'état d'équilibre limite, où le dérapage pourrait se produire. Ceci explique la sensation de sécurité, que l'on éprouve lors du freinage d'une automobile en courbe, quand elle a des freins sur les roues d'avant.

Les considérations précédentes montrent en outre qu'il y aurait intérêt à déterminer, pour chaque voiture automobile, son rayon de giration par rapport à la verticale de son centre de gravité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sulfate diméthylique sur l'acide salicylique, le salicylate de méthyle et l'acide méthoxysalicylique. Sulfonation et méthylation.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **M. Frèrejacque**.

Les résultats de l'action du sulfate diméthylique sur les acides d'une part et les phénols d'autre part, en l'absence d'eau, ont été exposés antérieurement [1]. La présente Note rend compte de ce qui arrive lorsque les deux fonctions se trouvent juxtaposées dans la molécule, celle de l'acide salicylique.

Lorsqu'on chauffe à 110°-120° l'acide salicylique avec le sulfate dimé-

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 583-586 et 900-902.

thylique, il se dissout puis est transformé; il se produit un dégagement gazeux d'oxyde de méthyle qui se prolonge pendant plusieurs heures. Quand l'opération est terminée, le liquide du ballon laboratoire, brun, visqueux, possédant l'odeur de salicylate de méthyle, est précipité par l'eau; par addition d'éther, on recueille deux couches liquides qui ont été examinées séparément.

I. La couche aqueuse renferme, outre l'acide sulfurique et le sulfate monométhylique, un acide sulfonique. On isole les sels de sodium, potassium, baryum de cet acide sulfonique en précipitant la solution aqueuse par les chlorures correspondants de sodium, potassium ou baryum; les sels alcalins sont purifiés par dissolution dans l'alcool chaud, le sel barytique a été recristallisé dans l'eau. Ces sels colorent en rouge le chlorure ferrique en solution aqueuse; ils sont, à tous égards, identiques avec les sels obtenus en sulfonant directement par l'acide sulfurique au bain-marie le salicylate de méthyle. L'acide correspondant, résultant de la réaction, a donc la composition $C^6H^3(OH)(CO^2CH^3)SO^3H$.

II. La couche éthérée a été desséchée puis évaporée : on recueille alors des cristaux souillés d'un peu de salicylate de méthyle. Purifiés par cristallisation dans l'éther de pétrole, ils fondent à 64° et sont distillables sans décomposition vers 160° dans le vide du millimètre. Ils sont solubles dans les solvants organiques, en particulier dans le chloroforme, mais peu solubles dans l'éther de pétrole. Ils se dissolvent dans les alcalis dilués et même dans le carbonate disodique. En solution hydroalcoolique cette substance colore en rouge le chlorure ferrique. Les résultats analytiques conduisent à considérer ce corps comme l'éther méthylique du précédent et à lui attribuer la formule $C^6H^3(OH)(CO^2CH^3)SO^3CH^3$. Les expériences suivantes le prouvent.

Le même corps se produit dans l'action conduite comme précédemment du sulfate diméthylique sur le *salicylate de méthyle*.

Dans cette même opération — action du sulfate diméthylique sur le salicylate de méthyle — ou en sulfonant le salicylate de méthyle par l'acide sulfurique, il se produit un acide sulfonique dont le sel d'argent traité par l'iodure de méthyle fournit le même éther fusible à 64°.

Enfin Blau [1] a obtenu un corps identique en sulfonant l'acide salicylique par l'acide sulfurique, préparant le sel diargentique de l'acide sulfonique et traitant ce sel d'argent par l'iodure de méthyle.

---

(1) Blau, *Monatshefte*, t. 18, p. 137.

Cette dernière identification nous précise la structure de notre éther : le groupe sulfonique est en para par rapport au groupe phénolique.

Cet éther a sur l'aniline la même action méthylante que nous avons déjà observée antérieurement (*loc. cit.*).

En ce qui concerne le rendement de l'opération il est de 50 pour 100 du premier corps et de 50 pour 100 du second si l'on fait agir 2^{mol} de sulfate diméthylique sur 1^{mol} d'acide salicylique; si l'on emploie une seule molécule de sulfate diméthylique, le traitement de la couche éthérée fournit un peu d'acide salicylique, mais pas d'éther sulfonique.

En exagérant la proportion de sulfate diméthylique on n'a pas obtenu l'éther triméthylique $C^6H^3(OCH^3)(CO^2CH^3)SO^3CH^3$.

III. En présence de ce dernier fait — négatif — on a soumis à l'action du sulfate diméthylique (3^{mol}) l'acide méthoxybenzoïque (1^{mol}) en conduisant le traitement comme pour l'acide salicylique.

La solution aqueuse a fourni les sels de sodium, de potassium et baryum de l'acide sulfonique $C^6H^3(OCH^3)(CO^2CH^3)SO^3H$.

La couche éthérée, débarrassée par un lavage à la soude d'une petite quantité de sulfate diméthylique, a été soumise à la distillation sous pression très réduite : on a recueilli une petite quantité de salicylate de méthyle et un éther sulfonique fondant à 64°-65°, identique à celui qui a été décrit précédemment.

Non seulement on n'a pas obtenu l'éther triméthylique cherché, mais on observe une déméthylation du produit initial. Cette déméthylation a également pour conséquence que les sels de l'acide sulfonique obtenus avec la couche aqueuse sont souillés de petites quantités des sels de l'acide $C^6H^3(OH)(CO^2CH^3)SO^3H$ qui leur communiquent la propriété de colorer le chlorure ferrique. Le mécanisme de cette déméthylation reste à préciser.

IV. Si, dans ce qui précède, on peut supposer la formation intermédiaire de salicylate de méthyle, il n'en est pas moins vrai que ce corps ne se rencontre qu'en très faible quantité et qu'il ne peut être avantageusement préparé par action directe du sulfate diméthylique sur l'acide salicylique. On a de meilleurs résultats par l'emploi du méthylsulfate de potassium. En chauffant ensemble le mélange intime des deux solides à une température suffisante et distillant ensuite sous pression réduite, on recueille le salicylate de méthyle avec un rendement d'environ 40 pour 100. Le mélange solide blanc résiduel renferme encore de l'acide salicylique même si le méthylsulfate est employé en grand excès : corrélativement le groupe phénolique n'est pas méthylé. On observe, au cours du chauffage préliminaire, un dégagement d'oxyde de méthyle.

V. L'acide méthoxybenzoïque utilisé dans nos recherches a été obtenu par méthylation de l'acide salicylique toujours au moyen de sulfate diméthylique mais par la technique initiale d'Ullmann, c'est-à-dire en solution aqueuse alcaline. On obtient un mélange de ce corps avec du salicylate de méthyle dont on le débarrasse facilement.

En résumé, par l'action du sulfate diméthylique en l'absence d'eau sur l'acide salicylique et ses dérivés méthylés, on obtient trois substances :

$$C^6H^3(OH)(CO^2CH^3)SO^3H, \quad C^6H^3(OH)(CO^2CH^3)SO^3CH^3,$$
$$C^6H^3(OCH^3)(CO^2CH^3)SO^3H.$$

On n'obtient que des traces de salicylate de méthyle, par suite de sa rapide sulfonation; on n'obtient pas de dérivé triméthylsulfoné, par suite d'un phénomène de déméthylation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles bases secondaires de la série indénique.* Note [1] de MM. **Ch. Courtot** et **A. Dondelinger**, transmise par M. Haller.

Dans une Conférence faite, le 28 juin 1923, au laboratoire de M. Haller, sur la chimie de l'indène, l'un de nous a fait brièvement connaître que le bromure d'indényle (I) se condensait avec les bases primaires, dès la température ordinaire, pour donner des amines secondaires. En particulier, la condensation du bromure d'indényle (1^{mol}) avec l'aniline (2^{mol}) donne l'indénylphénylamine et du bromhydrate d'aniline :

(I) [indène: CH, CH, CHBr] $+ 2C^6H^5-NH^2 =$ [indène: CH, CH, $CH-NH-C^6H^5$] $+ C^6H^5-NH^2.HBr.$

Cette base indénique, recristallisée dans l'alcool, se présente en paillettes presque incolores, légèrement jaune-brunâtre, fus. = 74°-75°.

Cette propriété du bromure d'indényle pouvait facilement être prévue étant donné ce que l'on connaissait déjà de cet intéressant produit : Grignard et Courtot [2] avaient, en effet, montré, dès 1912, que le bromure d'in-

[1] Séance du 10 septembre 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 362.

dényle réagit sur les cétones en précence de zinc et sur le magnésien du bromure d'éthyle. Jusqu'ici la grande réactivité de l'atome de brome était expliquée par le voisinage de la double liaison à caractère éthylénique : le bromure d'indényle (I) a une parenté de structure avec le bromure d'allyle (II) dont les aptitudes réactionnelles sont particulièrement bien connues.

Cependant, afin de vérifier que cette analogie était bien fondée, nous avons essayé de condenser le chlorhydrate d'indène (III) — obtenu en 1911 par Weissgerber [1] en saturant d'acide chlorhydrique de l'indène refroidi à 0° — avec les amines primaires, et nous avons constaté avec surprise que *dès la température ordinaire* ce chlorure réagit sur l'aniline, l'ortho et la paratoluidine, la xylidine et à température de 50°-60° sur la méta et la

(II) $CH^2 = CH - CH^2Br$

(III) $C_6H_4 \langle CH^2 (\gamma), CH^2 (\beta), CHCl (\alpha) \rangle$

paranitraniline pour donner les bases secondaires correspondantes, c'est-à-dire l'indanylphénylamine et ses dérivés substitués dans le radical phényl. Jusqu'à présent, *aucun terme de cette série ne semble avoir été préparé*. Nous nous proposons de faire une étude détaillée de ces bases secondaires, alkylées ou arylées, indéniques et indaniques, de passer aux bases tertiaires par nouvelle alkylation ou arylation et d'étudier, dans les différentes classes de colorants, l'influence chromogénique de ces nouveaux individus.

Indanylphénylamine. — En mélangeant 10^g de chlorure d'indane (1^{mol}) avec $12^g,2$ d'aniline (2^{mol}) il se produit presque immédiatement un fort dégagement de chaleur que l'on freine en refroidissant extérieurement par de la glace. Au bout de quelques minutes, tout se prend brusquement en une masse pâteuse de couleur rose. En essorant les cristaux, puis les lavant avec peu d'éther, on a pu les caractériser comme chlorhydrate d'aniline et on en isole ainsi $7^g,8$ au lieu de $8^g,5$ exigées par la théorie. La solution éthérée d'essorage est lavée à l'acide chlorhydrique à 5 pour 100 pour éliminer le chlorhydrate d'aniline et l'aniline en excès, puis elle est lavée à l'eau jusqu'à neutralité au tournesol et séchée sur sulfate de soude anhydre. Après filtration, le solvant est éliminé. On obtient une huile brune, claire, qui ne cristallise pas, même en refroidissant à — 20°. Le produit est alors distillé sous vide. Il passe à 202°-203° sous 15^{mm} sous forme de liquide incolore, très réfringent, qui cristallise spontanément après 2 jours, en agglomérats incolores (f. = 40°-41°).

L'analyse conduit à $C^{15}H^{15}N$, qui représente bien l'indanylphénylamine. Elle réagit

(1) *Berichte*, t. 44, 1911, p. 1442.

avec le nitrite de soude en milieu acide, mais sans donner de diazo puisqu'il n'y a pas ensuite de copulation avec l'acide H par exemple. Il se forme sans doute un dérivé nitrosé que nous étudierons dans la suite.

Indanylparatolylamine $C^{16}H^{17}N$. — La paratoluidine réagit de la même façon que l'aniline sur le chlorure d'indanyle. On traite comme dans le cas précédent, mais la base secondaire peut être extraite de la solution éthérée par de l'acide chlorhydrique à 5 pour 100. Elle précipite de sa solution chlorhydrique par addition de carbonate de soude en cristaux incolores (f. = 61°-63°) qui, recristallisés de l'alcool, fondent à 64°-65°.

Poids moléculaire calculé, 223; trouvé, 220.

Indanylorthotolylamine. — L'orthotoluidine, dans les mêmes conditions, donne l'indanylorthotolylamine. Cristaux incolores (f. = 71°).

Indanylxylylamine $C^{17}H^{19}N$. — La xylidine donne l'indanylxylylamine, liquide incolore, non encore cristallisé, bouillant à 218° sous 17mm.

Indanylparanitrophénylamine $C^{15}H^{14}O^2N^2$. — La paranitraniline réagit sur le chlorure d'indane à 60°. L'indanylparanitrophénylamine formée se présente en cristaux jaune d'or (f. = 126°-127°).

Il est ainsi établi que la mobilité de l'halogène en α dans les composés indéniques n'est pas due nécessairement au voisinage de la double liaison à caractère éthylénique.

Cette mobilité, du même ordre dans les composés indéniques et indaniques, est attribuable, pour une part, à la proximité du groupe phényle, comme c'est le cas du reste pour le chlore dans le chlorure de benzyle; mais, alors que le chlorure de benzyle ne donne avec les amines primaires les benzylamines substituées qu'à des températures élevées et par long chauffage — 40 à 50 heures à 150°-165°, trouve-t-on dans la littérature — les dérivés α indéniques et indaniques réagissent dès la température ordinaire, ce qui montre que, d'autre part, le noyau pentagonal lui-même a une action spécifique pour donner une extrême mobilité aux halogènes qu'il renferme. Il est cependant très probable que les dérivés halogénés indéniques doivent avoir une réactivité plus grande que les dérivés indaniques correspondants, mais ceci ne pourra être mis en évidence que par des mesures précises de vitesse de réaction.

Nous avons également observé que le bromure d'indényle et le chlorure d'indanyle réagissent à froid sur les phénols avec dégagement d'acide chlorhydrique, pour donner vraisemblablement les éthers-oxydes correspondants, mais dans ce domaine que nous nous proposons également d'explorer, nous n'avons pas encore isolé d'entité chimique.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Procédé de dessiccation de l'air.*
Note [1] de M. **Paul Dumanois**, présentée par M. L. Breton.

L'application de la loi relative au carburant national nécessitera l'emmagasinage de grandes quantités soit d'alcool absolu, soit de mélange d'essence et d'alcool absolu.

Or il est nécessaire que les réservoirs contenant ces liquides soient en communication avec l'atmosphère de façon à éviter les compressions ou dépressions résultant des variations de température extérieures.

Si des précautions spéciales ne sont pas prises, l'air qui rentre sous l'effet de ces variations de température est plus ou moins humide et est susceptible de diminuer soit le taux de concentration de l'alcool, soit la stabilité des mélanges.

Il paraît donc nécessaire de dessécher préalablement cet air par un procédé permettant de le faire avec une résistance à l'aspiration dont on puisse être maître.

Il semble qu'on puisse y arriver très simplement en employant précisément de l'alcool éthylique au contact duquel l'air se desséchera.

Un dispositif de cette espèce peut être constitué schématiquement comme suit :

En (1) est une soupape automatique de rentrée d'air, qui conduit celui-ci par un tuyautage (2) dans un récipient (3) comprenant un certain nombre de chicanes (4). Les chicanes supérieures forment des compartiments séparés, alors que les chicanes inférieures sont percées dans le bas pour permettre le passage de l'alcool. Un tuyautage (5) conduit l'air desséché à la partie supérieure du réservoir. En (6) est un récipient contenant de l'alcool éthylique, pur ou non, mais peu hydraté, communiquant avec la partie inférieure du récipient (3) et muni d'un dispositif quelconque permettant de maintenir le niveau à une hauteur constante dans le récipient (3). Ce dispositif peut, par exemple, être constitué, comme il est indiqué dans la figure, par un flotteur muni d'un pointeau d'obturation, (7) est un robinet de vidange, (8) le bouchon de remplissage du récipient (6).

Le fonctionnement est le suivant : lorsqu'une dépression se produit dans le réservoir, l'air rentre par (1) et, par (2), se rend dans (3); il passe d'une chicane à l'autre à travers l'alcool contenu dans (3) et lui cède sa vapeur d'eau; une fois desséché il se rend par (5) au réservoir. Le nombre de

[1] Séance du 10 septembre 1923.

chicanes et le tarage de la soupape sont déterminés par la condition de réaliser la dessiccation sans dépasser une dépression maximum compatible avec la résistance du réservoir; cette dépression, qui restera sensiblement constante pendant le fonctionnement, est fixée par le niveau de l'alcool dans (3) qui peut, s'il est nécessaire, être maintenu suffisamment bas pour supprimer le barbotage de l'air et le remplacer par un simple léchage de l'air sur la surface de l'alcool. Les pertes d'alcool résultant de l'évaporation produite par le passage de l'air sont compensées automatiquement par (6). Lorsque l'alcool contenu dans (3) est devenu trop hydraté, on le remplace, et l'alcool hydraté ainsi obtenu peut être déshydraté simplement au moyen de la chaux vive ou un procédé équivalent. Dans ce dernier cas, on peut combiner l'appareil déshydrateur avec le récipient (3), de façon à pouvoir l'isoler facilement pour le remplacement de la chaux après épuisement. Bien entendu, le réservoir dans lequel se rend l'air desséché doit être isolé de l'extérieur par une soupape s'ouvrant en sens inverse de (1), ou par un robinet permettant l'évacuation de l'air, soit pendant le remplissage, soit sous l'effet des variations de température.

Cette soupape pourra être disposée à la place de la soupape (1) d'un appareil analogue à celui qui vient d'être décrit ci-dessus, mais contenant simplement de l'eau qui absorbera les vapeurs contenues dans l'air qui s'échappe et permettra de les récupérer ensuite.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'Aspergillomycose des abeilles.*
Note de M. F. Vincens, présentée par M. P. Marchal.

On connaît, depuis déjà plusieurs années, l'existence d'un *Aspergillus* très voisin de *A. flavus* Link, produisant une curieuse mycose des abeilles. Signalée seulement, jusqu'à présent, dans l'Europe centrale, la maladie a été récemment rencontrée sur du couvain d'abeilles provenant des Alpes maritimes. L'aspect et la structure des larves et nymphes « pétrifiées » sur lesquelles apparaissent les fructifications du champignon, qui rappellent étrangement l'aspect et la structure des insectes atteints d'une muscardine, et aussi le fait que l'on n'avait encore pu obtenir l'infection directe des abeilles en les nourrissant avec du miel renfermant des spores d'*Aspergillus* en suspension, permettaient de se demander si le « couvain pétrifié » n'est point dû à l'action d'un autre parasite, amenant la mort des larves et dont l'*Aspergillus*, fructifiant seul sur les cadavres, masquerait la présence.

La culture du mycélium qui constitue le stroma emplissant les momies pétrifiées ne m'a cependant permis d'isoler, jusqu'à présent, aucun autre champignon microscopique que l'*Aspergillus*. Il m'a été impossible d'obtenir aucun *Beauveria* ou *Verticillium* analogue à l'un de ceux qui provoquent, chez le ver à soie et d'autres insectes, la muscardine rose, à laquelle la maladie dont il s'agit me paraissait étroitement comparable. Par contre, cet *Aspergillus* apivore, qui est morphologiquement très variable, montre, parmi bien d'autres, une variation particulièrement intéressante, parce que, par une dissociation extrême des fructifications caractéristiques de l'*Aspergillus*, elle aboutit à la production abondante de formes fructifères que l'on pourrait attribuer à un *Spicaria* et que je n'ai jamais rencontrées aussi nombreuses chez aucun autre *Aspergillus*. Or on sait que plusieurs Adélomycètes du type *Spicaria* constituent de redoutables parasites des insectes.

D'autre part, j'ai pu obtenir l'infection d'abeilles adultes en leur faisant absorber du miel renfermant des spores d'*Aspergillus* en suspension. Mes essais ont porté sur des abeilles écloses depuis trois semaines au moins; ils ont donné jusqu'à 100 pour 100 de décès, après 48 heures, l'infection pouvant d'ailleurs se montrer beaucoup plus lente. La virulence du champignon paraît dépendre, à la fois, de la variété morphologique ayant fourni les spores, de la température à laquelle sont maintenues les abeilles infestées, et aussi, dans une large mesure, de la concentration du sirop servant à alimenter celles ci.

Le parasite semble agir par obstruction mécanique des voies digestives ou par paralysie des muscles de l'intestin. On trouve fréquemment, dans les abeilles agonisantes, une masse de mycélium grêle occupant le canal intestinal, dans la partie étroite qui suit immédiatement la zone d'insertion des tubes de Malpighi. Le jabot, l'estomac et le rectum lui-même sont alors dilatés et pleins de liquide. Dans d'autres cas, le mycélium, dont la présence devient plus difficile à déceler, est rare et étroitement appliqué contre les parois de l'intestin. Il ne paraît alors pouvoir agir autrement qu'en produisant une paralysie mortelle de cet organe qui reste plein de déchets non évacués. C'est là un mode d'action qui rappelle beaucoup celui que j'ai signalé, il y a une dizaine d'années, à propos de l'infection des vers à soie par divers champignons entomophytes. Dans ce dernier cas également, le mycélium se développant dans l'intestin postérieur des vers en amenait l'obstruction mécanique ou la paralysie.

Il ne semble pas que les apiculteurs doivent s'alarmer de la présence de cette maladie en France, où ce n'est certainement pas un nouveau fléau

s'abattant sur les abeilles. Le « couvain pétrifié » restera sans doute une rareté, son extension étant certainement facile à éviter par de simples précautions hygiéniques. On est seulement en droit de se demander si le champignon qui le produit, qui, lui, n'est point rare, n'intervient pas quelque peu dans la production de l'une des maladies de printemps à cause encore inconnue qui sévissent tous les ans sur les abeilles et que rappelle étrangement celle que j'ai expérimentalement reproduite.

ZOOLOGIE. — *Éthologie et développement de* Nereis (Neanthes) caudata Delle Chiaje. Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

Des recherches poursuivies depuis plusieurs mois sur *Nereis caudata* m'ont permis d'arriver aux conclusions suivantes concernant l'éthologie de cette espèce et son développement larvaire. — 1° A Cherbourg elle habite des tubes souvent horizontaux situés à la face inférieure des pierres. Elle se nourrit principalement d'Entéromorphes; mais, à l'occasion, elle peut s'attaquer soit à ses congénères, soit même à *Nereis diversicolor*. — 2° On rencontre fréquemment des tubes habités par deux individus : un mâle et une femelle. Extraits de leur habitation et placés dans un cristallisoir, ils s'y construisent un nouveau tube commun, membraneux, mince, transparent et présentant latéralement d'assez nombreuses ouvertures ovales par lesquelles ils peuvent passer la tête. Jusqu'à la ponte, les deux conjoints se tiennent presque toujours côte à côte et cette cohabitation peut durer plusieurs semaines. Si l'on place une femelle dans un cristallisoir où une autre femelle s'est construit un tube, l'étrangère cherche à s'y introduire, mais elle est attaquée et mise en fuite par la propriétaire du tube. Au contraire un mâle est immédiatement accepté. — 3° Les femelles possèdent un nombre assez réduit de très gros œufs jaunes (600^{μ}), à vitellus très abondant. Les mâles, même mûrs, n'ont jamais la teinte laiteuse de beaucoup de mâles d'Annélides. Leurs spermatozoïdes sont fort peu abondants et de forme aberrante : ce sont de petites cellules piriformes. — 4° Il n'y a aucune métamorphose précédant l'émission des œufs ou des spermatozoïdes. La ponte a lieu dans le tube, la nuit ou aux premières heures du jour. La sortie des œufs semble se faire par les parapodes. Il se pourrait que la fécondation soit interne : une femelle n'ayant pas évacué tous ses œufs, ceux qui étaient restés dans la cavité générale se sont segmentés aussi bien que les autres. — 5° Après la ponte, la femelle est inerte; mais elle ne tarde pas à sortir du tube. Elle

est alors verdâtre et rétrécie dans le sens de la longueur, comme cela se passe chez les *Heteronereis* après la ponte. Elle nage fort activement; mais je n'ai jamais pu la conserver vivante au delà de quelques jours. — 6° Au contraire, le mâle reste à l'intérieur du tube, il y range les œufs pondus en amas par la femelle, s'installe au milieu d'eux et, par des mouvements ondulatoires réguliers, assure le renouvellement de l'eau. Jusqu'à l'éclosion et souvent bien au delà, il ne sort pas de son tube, même pour se nourrir, ainsi qu'en témoigne l'absence ou la rareté des excréments qui, lorsqu'ils existent, se rencontrent soit à l'intérieur du tube, soit à l'extérieur, mais alors dans le voisinage immédiat des orifices de sortie. Chassé de son tube, il y revient immédiatement. Si on l'enlève en laissant les œufs ou les embryons dans le tube, ceux-ci se décomposent très rapidement. Si l'on a soin de les disséminer sur le fond du vase, le développement n'est pas arrêté, mais il se fait mal; rarement il se poursuit jusqu'à l'éclosion.

Lorsque toutes les larves sont sorties du tube, le mâle reprend sa vie d'avant la ponte. — 7° Lorsque la femelle est laissée dant le cristallisoir où le mâle incube les œufs, elle essaye parfois de rentrer dans le tube. Le plus souvent, *elle est attaquée par le mâle qui la coupe en deux et mange successivement les deux tronçons*. — 8° Comme chez les autres Néréidiens, l'œuf s'entoure, après la fécondation, d'une enveloppe gélatineuse grâce à laquelle les œufs adhèrent entre eux ainsi qu'aux parois du tube. Mais chez *N. caudata* cette membrane est beaucoup plus mince que chez les autres Néréidiens. — 9° Sans doute par suite de l'énorme développement du vitellus, la segmentation et le développement embryonnaire sont plus lents que chez les autres Néréidiens. L'éclosion ne se produit pas avant le onzième jour, tandis que chez *Perinereis Marioni*, se développant à la même saison et dans les mêmes conditions de température, l'éclosion survient dès le septième jour. — 10° A l'éclosion, les larves de ces deux espèces sont fort différentes : Celle de *P. Marioni* est comparable à la larve *planctogène* de *Platynereis Dumerilii* (1); comme cette dernière, elle est pourvue de quatre couronnes ciliées lui permettant une vie pélagique de quelques jours. Celle de *Nereis caudata*, au contraire, se rapproche beaucoup de la larve *néréidogène* de *Pl. Dumerilii* (1). Comme cette dernière, elle est dépourvue de couronnes ciliées. Elle est hémisphérique et pourvue de parapodes et appendices peu saillants, presque toute sa masse étant constituée par le vitellus. — 11° Con-

(1) Hempelmann, *Zur Naturgeschichte von* Nereis Dumerilii *Aud. et Edw.;* fig. 7 et pl. IV, fig. 17 (*Zoologica, Stuttgart*, Heft 62, 1911.)

trairement au développement embryonnaire, le développement larvaire est extrêmement rapide. Le fait est d'autant plus remarquable, qu'il contraste avec l'extraordinaire lenteur du développement des larves de la plupart des Néréidiens. Pour éliminer l'effet de la température, comparons encore *N. caudata* à *P. Marioni*. Chez l'une comme chez l'autre, la formation d'un parapode demande plusieurs jours; mais chez *P. Marioni*, on ne trouve jamais plus d'une paire de parapodes en voie de développement, tandis que chez *N. caudata*, on en rencontre couramment trois ou quatre. Il résulte de ce fait que chaque jour, *N. caudata* s'enrichit d'une nouvelle paire de parapodes, tandis que chez *P. Marioni* la quatrième paire met 4 jours à se développer et la cinquième paire n'est complètement formée que 7 jours après la quatrième. Une larve de *P. Marioni* de 59 jours ne possède encore que 6 paires de parapodes, alors qu'une *N. caudata* de 30 jours en possède déjà 20 paires. Ce fait semble avoir pour cause une différence dans l'état de division du vitellus : Chez *P. Marioni*, il se compose de quelques très grosses sphères qui ne tardent pas à se fusionner en une masse indivise sur laquelle les sucs digestifs ne peuvent avoir qu'une action lente. Chez *N. caudata*, le vitellus est formé d'innombrables petites sphères qui offrent par le fait même une plus grande surface d'attaque. — 12° Chez *P. Marioni*, le tube digestif se constitue plus rapidement que les parapodes, et ce fait est en rapport avec le peu d'abondance des réserves. Chez *N. caudata* la cloison séparant l'intestin moyen du rectum ne paraît se résorber que lorsque l'animal possède un assez grand nombre de sétigères. Les réserves ne sont épuisées que plus tard, vers le stade de 20 sétigères. A ce moment, les paragnathes sont développés et l'animal ne diffère de l'adulte que par l'absence de la quatrième paire de cirres tentaculaires. — 13° Comme chez les autres Néréidiens, les cirres tentaculaires apparaissent dans l'ordre suivant : d'abord la paire antérieure dorsale qui existe dès l'éclosion; ensuite la deuxième paire dorsale qui n'est autre que le cirre dorsal hypertrophié du premier sétigère dont les soies tombent et le parapode régresse; la première paire ventrale apparaît peu après; enfin la paire ventrale postérieure, qui peut être considérée comme constituant les cirres ventraux du premier sétigère, n'apparaît que très tardivement au stade de 21 sétigères, alors que les réserves vitellines sont complètement épuisées.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

A. Lx.

Le JOURNAL de MÉDECINE de LYON

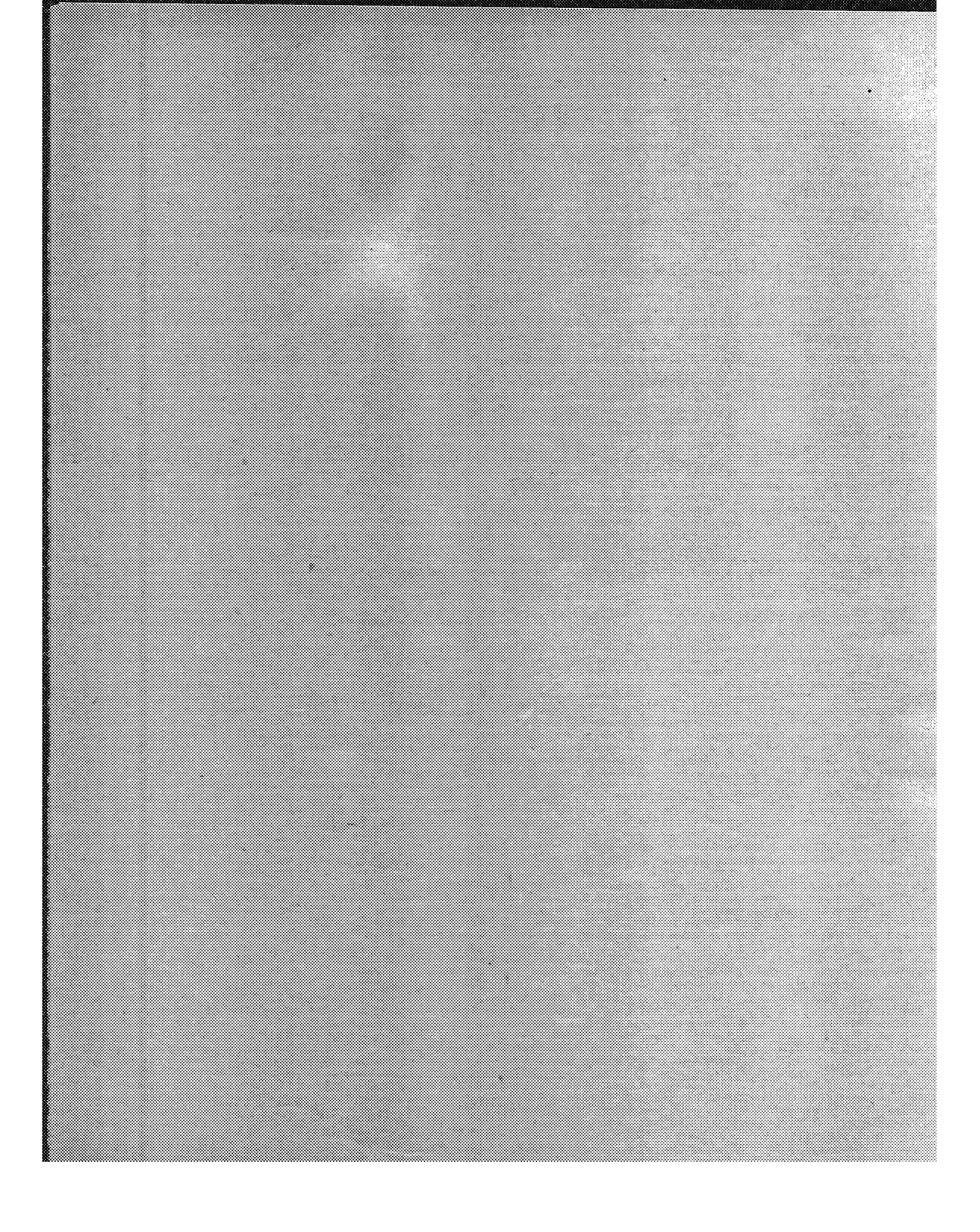
(2e Année) REDACTION et ADMINISTRATION . 52, rue Victor-Hugo, LYON (2e Année)

Abonnements : France et ses Colonies, 25 francs par an ; Etranger, 32 francs. — Le Numéro : 1 franc 50

Rédaction et Administration : Docteur P. MALOT, Moniteur de Clinique à la Faculté de Lyon, 52, Rue Victor-Hugo, LYON, Téléphone : 50-36

Rédaction : Docteur M. PÉHU, Médecin de la Charité — Docteur BOUCHUT, Médecin des Hôpitaux — Docteur GARDÈRE, Médecin des Hôpitaux

Publicité : ARGENCE & VIDAL, 285, Avenue Jean-Jaurès, LYON — 59, Rue de Miromesnil, PARIS — Téléphone : Wagram 38-34



N° 12

TABLE DES ARTICLES (Séance du 17 Septembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

	Pages.
M. le Président annonce à l'Académie le décès de M. *Jules Violle*, doyen de la Section de Physique	514
M. P. Villard résume l'œuvre de M. Jules Violle	514
M. P. Villard. — Sur la couleur propre des nuages	515
M. Ch. Gravier fait hommage à l'Académie d'un Mémoire dont il est l'auteur « sur la ponte et l'incubation chez les Annélides Polychètes »	518

CORRESPONDANCE.

	Pages.
M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance	519
M. P. Sergesco. — Sur la distribution des valeurs caractéristiques des noyaux de Marty $N(x, y) = A(x) K(x, y)$	519
M. Antoine Zygmund. — Sur la théorie riemannienne des séries trigonométriques	521
M. Georges-J. Rémoundos. — Sur une propriété d'élimination et les fonctions algébroïdes	523
M. O.-N. Ting. — Sur le passage de la théorie des fonctions fondamentales Fredholm à celle des fonctions fondamentales Schmidt	525
M. Serge Bernstein. — Démonstration mathématique de la loi d'hérédité de Mendel	528
M. A. Petot. — Sur une différence caractéristique entre les modes d'action des freins d'avant et d'arrière	531
M. L.-J. Simon et M. Frèrejacque. — Action du sulfate diméthylique sur l'acide salicylique, le salicylate de méthyle et l'acide méthoxysalicylique. Sulfonation et méthylation	533
MM. Ch. Courtot et A. Dondelinger. — Sur quelques nouvelles bases secondaires de la série indénique	536
M. Paul Dumanois. — Procédé de dessiccation de l'air	539
M. F. Vincens. — Sur l'Aspergillomycose des abeilles	540
M. R. Herpin. — Éthologie et développement de *Nereis (Neanthes) caudata* Delle Chiaje	542

70755 — 9-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 13 (24 Septembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 SEPTEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Major **Mac Mahon**, qui assiste à la séance.

PLIS CACHETÉS.

M. **Paul Sonier** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 mai 1922 et inscrit sous le n° 8999.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une note intitulée :

Plaques minces rectangulaires à pourtour simplement *encastré et aperçus théoriques sur le calcul de planches sans nervure se rattachant au type américain* flat-shap.

(Renvoi à l'examen de M. Mesnager.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les fascicules I et II du Tome XXXI du *Recueil mathématique de la Société mathématique de Moscou*.

2° Le Tome II des *Publications de l'Observatoire astrophysique central de Russie*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur.* Note de M. **J. Kampé de Fériet**, transmise par M. Appell.

Une *fonction hypergéométrique* de deux variables *d'ordre* ω

$$F(x, y) = \Sigma a_{m,n} x^m y^n$$

étant définie (III) par les deux équations de récurrence

$$(1)\quad R(m, n)a_{m+1,n} - P(m, n)a_{m,n} = 0; \qquad S(m, n)a_{m,n+1} - Q(m, n)a_{m,n} = 0,$$

— dès que l'on connaît l'expression des polynomes P, Q, R, S (qui dépend uniquement des *indices caractéristiques* μ, ν, ρ, σ de la fonction), — on peut déduire de (1) un système de deux équations linéaires aux dérivées partielles $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$, d'ordre $\omega + 1$, vérifiées par les fonctions (I) et (III). Ce système admet *en général* $(\omega + 1)^2$ intégrales particulières indépendantes (V); ce fait résulte de ce que, en se donnant arbitrairement le tableau des $(\omega + 1)^2$ dérivées

$$(2)\qquad \| p_{j,k} \| \qquad (0 \leqq j \leqq \omega,\ 0 \leqq k \leqq \omega),$$

toutes les autres dérivées de la fonction sont déterminées d'une manière univoque par $\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$ et les équations qu'on en tire par dérivation. Mais, pour certaines fonctions hypergéométriques, le nombre des intégrales indépendantes est inférieur à $(\omega + 1)^2$, lorsqu'on peut déduire de $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$, par dérivation et élimination, une ou plusieurs équations ne contenant que des dérivées du tableau (2); les dérivées liées par ces relations ne peuvent plus être choisies toutes arbitrairement.

Voici *une règle générale permettant de prévoir* a priori, *dès que l'on connaît les polynomes* P, Q, R, S (sans passer par les opérations de dérivation et d'élimination), *l'existence de relations entre les dérivées du tableau* (2) *et de former ces équations aux dérivées partielles supplémentaires* (conséquences nécessaires de $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$) *vérifiées par la fonction.*

Soient $H(m, n)$ et $K(m, n)$ deux polynomes arbitraires, *sans facteur commun;* l'équation aux différences finies

$$(3)\qquad A(m, n)a_{m+1,n} + B(m, n)a_{m,n+1} + C(m, n)a_{m,n} = 0;$$

$$A = H(m, n)R(m, n),$$

$$B = K(m, n)S(m, n), \qquad C = -[H(m, n)P(m, n) + K(m, n)Q(m, n)],$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 172, (I), p. 1634; t. 173, (II), p. 285; (III), p. 401; (IV), p. 489; (V), p. 900 — Dans le texte les chiffres romains renvoient à ces Notes.

est une conséquence nécessaire des équations (1), par la méthode générale (II), on en déduit une équation aux dérivées partielles vérifiée par la fonction; mais cette équation est sans intérêt, car il est aisé de prouver que, quel que soit le degré de H et K, elle contient des dérivées ne figurant pas au tableau (2). Cependant si les polynomes A, B, C admettent un facteur commun G, en divisant (3) par G, on peut lui substituer l'équation simplifiée

$$(3') \qquad A'(m, n)a_{m+1,n} + B'(m, n)a_{m,n+1} + C'(m, n)a_{m,n} = 0;$$

en mettant les polynomes A′, B′, C′ sous la forme (II) :

$$A'(m-1, n) = \Sigma A'_{j,k} m(m-1)\ldots(m-j+1)n(n-1)\ldots(n-k+1),$$
$$B'(m, n-1) = \Sigma B'_{j,k} m(m-1)\ldots(m-j+1)n(n-1)\ldots(n-k+1),$$
$$C'(m, n) = \Sigma C'_{j,k} m(m-1)\ldots(m-j+1)n(n-1)\ldots(n-k+1),$$

on obtient pour la fonction l'équation aux dérivées partielles

$$(4) \qquad \Sigma(A'_{j,k}y + B'_{j,k}x + C'_{j,k}xy)x^j y^k p_{jk} = 0.$$

Si le facteur commun G est d'un degré assez élevé pour que A′, B′, C′ ne possèdent plus que des termes en $m^j n^k$ tels que $0 \leqq j \leqq \omega$, $0 \leqq k \leqq \omega$, l'équation supplémentaire (4) ne contiendra plus que des dérivées du tableau (2). La question est donc ramenée à la recherche des facteurs communs G. On démontre d'abord que H et K, P et R, G et S étant respectivement sans facteur commun, G doit diviser simultanément R et S. Donc *une condition nécessaire pour qu'il existe au moins une équation supplémentaire, c'est que* R *et* S *admettent un facteur commun*. D'après leur expression (III) on voit que ce facteur ne peut être que

$$J = \prod_{i=1}^{i=\rho} (\gamma_i + m + n).$$

Le facteur commun 1 étant sans intérêt, on peut affirmer que *toute fonction dont l'indice caractéristique* ρ *est nul ne vérifie aucune équation supplémentaire entre les dérivées du tableau* (2). [Tel est le cas des fonctions F_2 et F_4 de M. Appell et des fonctions d'ordre 2 du type 2, 5 et 8 (III)].

Si $\rho \geqq 1$, on examinera si l'on peut déterminer H et K de façon qu'il existe un facteur G commun à J et à C, c'est-à-dire à J et à

$$H(m, n)\prod_{i=1}^{i=\nu}(\beta_i + m) + K(m, n)\prod_{i=1}^{i=\nu}(\beta'_i + n);$$

on vérifiera ensuite si G est d'un degré assez élevé pour que A′, B′, C′ ne contiennent plus que des termes de la forme voulue. Par exemple, pour la fonction complète d'ordre 2,

$$F\left(\begin{array}{c|l|l} 1 & \alpha & \\ 2 & \beta_1, \beta'_1, \beta_2, \beta'_2 & x, y \\ 1 & \gamma & \\ 1 & \delta, \delta' & \end{array}\right),$$

en prenant

$$H = (\beta'_1 + n)(\beta'_2 + n), \qquad K = -(\beta_1 + m)(\beta_2 + m),$$

on est conduit à une équation simplifiée (3′), d'où se déduit immédiatement l'équation supplémentaire

$$\begin{aligned} xy(x-y)p_{2,2} &+ [\delta' x - (1 + \beta'_1 + \beta'_2)y]xp_{2,1} \\ &- [\delta y - (1 + \beta_1 + \beta_2)x]yp_{1,2} \\ &+ [\delta'(1 + \beta_1 + \beta_2)x - \delta(1 + \beta'_1 + \beta'_2)y]p_{1,1} \\ &- \beta'_1\beta'_2 x p_{2,0} + \beta_1\beta_2 y p_{0,2} - \delta\beta'_1\beta'_2 p_{1,0} + \delta'\beta_1\beta_2 p_{0,1} = 0. \end{aligned}$$

Sur les 22 fonctions d'ordre 2, il y en a 14 pour lesquelles on obtient ainsi une ou plusieurs équations supplémentaires; par exemple, la fonction de classe 3 : $\mu = 0$, $\nu = 1$, $\rho = 1$, $\sigma = 1$ vérifie trois équations supplémentaires; la fonction de classe 2 : $\mu = 0$, $\nu = 1$, $\rho = 2$, $\sigma = 0$, en vérifie quatre. Leur système n'admet donc respectivement que six et cinq intégrales indépendantes.

OPTIQUE. — *Quanta de lumière, diffraction et interférences.* Note de M. **Louis de Broglie**, transmise par M. Jean Perrin.

1. Dans une Note récente [1], nous avons montré qu'un observateur, pour décrire le mouvement d'un mobile de vitesse βc ($\beta < 1$), doit lui associer une onde sinusoïdale *non matérielle* se propageant dans la même direction avec une vitesse $\frac{c}{\beta} = \frac{c^2}{v}$; la fréquence de cette onde est égale à l'énergie totale, par rapport à l'observateur, du mobile considéré, divisée par la constante h de Planck. On peut du reste considérer la vitesse βc comme la « vitesse de groupe » d'ondes ayant des vitesses $\frac{c}{\beta}$ et des fréquences $\frac{m_0 c^2}{h\sqrt{1-\beta^2}}$,

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 507. J'ai fait dans cette Note une restriction inutile : on retrouve les conditions de Bohr même dans le cas des vitesses variables très élevées.

correspondant à des valeurs de β voisines mais légèrement différentes. Laissant de côté la signification physique de cette onde (ce sera la tâche difficile d'un électromagnétisme élargi de l'expliquer), nous rappelons que le mobile a même phase interne que la portion de l'onde située au même point; nous l'appellerons donc « l'onde de phase ».

Les atomes de lumière dont nous admettons l'existence ne se propagent pas toujours en ligne droite, comme le prouvent les phénomènes de diffraction. Il semble donc *nécessaire* de modifier le principe de l'inertie. Nous proposons de mettre à la base de la dynamique du point matériel libre le postulat suivant : « En chaque point de sa trajectoire, un mobile libre suit d'un mouvement uniforme le *rayon* de son onde de phase, c'est-à-dire (dans un milieu isotrope) la normale aux surfaces d'égale phase ». En général, le mobile suivra donc la trajectoire rectiligne fixée par le principe de Fermat appliqué à l'onde de phase, qui se confond ici avec le principe de moindre action appliqué au mobile sous la forme maupertuisienne. Mais si le mobile doit traverser une ouverture dont les dimensions sont petites par rapport à la longueur d'onde de l'onde de phase, sa trajectoire se courbera en général comme le rayon de l'onde diffractée. La conservation de l'énergie est sauve, mais non celle de la quantité de mouvement, à moins qu'il ne se transmette une pression aux atomes matériels formant le bord de l'ouverture.

Le nouveau principe mis à la base de la dynamique expliquerait la diffraction des atomes de lumière, *si petit que soit leur nombre*. De plus un mobile quelconque pourrait dans certains cas se diffracter. Un flot d'électrons traversant une ouverture assez petite présenterait des phénomènes de diffraction. C'est de ce côté qu'il faudra peut-être chercher des confirmations expérimentales de nos idées.

Nous concevons donc l'onde de phase comme guidant les déplacements de l'énergie, et c'est ce qui peut permettre la synthèse des ondulations et des quanta. La théorie des ondes allait trop loin en niant la structure discontinue de l'énergie radiante et pas assez loin en renonçant à intervenir dans la dynamique. *La nouvelle dynamique du point matériel libre est à l'ancienne dynamique (y compris celle d'Einstein) ce que l'optique ondulatoire est à l'optique géométrique*. En y réfléchissant on verra que la synthèse proposée paraît le couronnement logique du développement comparé de la dynamique et de l'optique depuis le XVIIe siècle.

II. Arrivons maintenant à l'explication des franges d'interférences. Nous admettrons qu'un atome matériel a une probabilité d'absorber ou d'émettre un atome de lumière déterminée par la résultante de l'un des vec-

teurs des ondes de phase se croisant sur lui; naturellement l'émission n'est possible que si l'atome est excité et l'absorption que si un atome de lumière se trouve à proximité. L'hypothèse précédente est au fond tout à fait analogue à celle qu'admet la théorie électromagnétique quand elle lie l'intensité de la lumière *décelable* (c'est-à-dire capable d'agir photoélectriquement sur l'œil, la plaque photographique ou le bolomètre) à l'intensité du vecteur électrique résultant.

Une cause quelconque ayant déclenché l'émission d'un quantum de lumière dans une source « ponctuelle », son onde de phase, en passant sur les atomes voisins, déclenchera d'autres émissions de quanta dont nous supposerons la vibration interne en phase avec l'onde elle-même. Tous les atomes lumineux émis auraient donc ainsi même onde de phase que le premier; nous dirons qu'ils sont couplés en onde (1). L'onde de phase unique transporte donc avec elle une foule de petits morceaux d'énergie qui glissent d'ailleurs un peu à sa surface comme il résulte de notre dernière Note.

Étudions l'expérience des trous d'Young : quelques atomes de lumière traverseront les trous et se diffracteront en suivant le rayon de la portion d'onde de phase qui les entoure. Dans l'espace situé derrière la paroi, leur capacité d'agir photoélectriquement variera en chaque point suivant l'état d'interférence des ondes de phase qui ont traversé en se diffractant les deux trous. Il y aura donc des franges brillantes et obscures telles que les prévoient les théories ondulatoires et *cela si faible que soit l'intensité de la lumière incidente.*

Ce système d'explication, qui emprunte l'essentiel à la théorie des ondes en introduisant les quanta, doit se généraliser pour toutes les franges d'interférence et de diffraction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une aldéhyde à odeur de verveine, le méthoéthyl-1-benzène-éthanal-4.* Note (2) de M. L. **Bert**, transmise par M. A. Haller.

L'aldéhyde cuménacétique (méthoéthyl-1-benzène-éthanal-4) n'a pas été préparée jusqu'ici.

---

(1) Ce sont probablement de tels atomes couplés en onde qui interviennent dans la formule des fluctuations du rayonnement noir. Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 811.

(2) Séance du 17 septembre 1923.

Nous l'avons obtenue sans difficulté en condensant le chlorure de cumylmagnésium ([1]) avec l'orthoformiate d'éthyle, suivant la technique de F. Bodroux ([2]) :

$$C^6H^4\begin{cases}CH(CH^3)^2 & (1)\\ CH^2MgCl & (4)\end{cases} + C^2H^5O - CH\begin{cases}OC^2H^5\\ OC^2H^5\end{cases}$$

$$= C^6H^4\begin{cases}CH(CH^3)^2 & (1)\\ CH^2 - CH(OC^2H^5)^2 & (4)\end{cases} + Mg\begin{cases}OC^2H^5\\ Cl\end{cases},$$

$$C^6H^4\begin{cases}CH(CH^3)^2 & (1)\\ CH^2 - CH(OC^2H^5)^2 & (4)\end{cases} + H^2O + SO^4H^2$$

$$= C^6H^4\begin{cases}CH(CH^3)^2 & (1)\\ CH^2 - CHO & (4)\end{cases} + 2C^2H^5OH + SO^4H^2.$$

L'aldéhyde cuménacétique, régénérée de sa combinaison bisulfitique, constitue un liquide jaune pâle doué d'une odeur pénétrante et tenace de verveine, un peu moins fine toutefois que celle de la plante.

L'aldéhyde cuménacétique est très peu soluble dans l'eau, mais elle se dissout facilement dans les liquides organiques. Elle est moins dense que l'eau et bout sans décomposition vers 243°.

Elle paraît plus résistante à l'action de l'oxygène de l'air que la plupart des aldéhydes de la série cyclique.

Elle réduit immédiatement à froid le nitrate d'argent ammoniacal et colore en violet foncé la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux. Par contre, elle est sans action sur la liqueur de Fehling et ne donne pas la réaction de Legal.

La semicarbazone se fait bien; elle cristallise dans l'alcool en paillettes blanches miroitantes, fondant à 181° sur le bloc Maquenne.

Préparée plus économiquement — ce à quoi nous travaillons — l'aldéhyde cuménacétique nous semble susceptible de trouver des applications comme parfum synthétique le jour, désormais prochain, où le cumène et le paracymène constitueront des produits industriels.

Nous étudions en ce moment les isomères de position et les homologues supérieurs de l'aldéhyde cuménacétique.

([1]) L. Bert, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 195.

Nous avons trouvé depuis, dans le brome sec, un catalyseur de début de réaction aussi efficace et plus avantageux que le bromure d'éthyle.

([2]) F. Bodroux, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 31, 1904, p. 585.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur des Crustacés décapodes du Bathonien.* Note [1] de M. **Victor Van Straelen**, transmise par M. Kilian.

L'existence de *Galatheidæ* fossiles est généralement considérée comme douteuse. Dans la plupart des grands traités, soit de zoologie, soit de paléontologie, celui d'Ortmann et celui de Zittel, pour ne citer que des morts, on nie encore le fait. Cependant on connaît actuellement un bon nombre de *Galatheidæ* fossiles dont les affinités sont indiscutables.

Rien que pour le genre *Galathea*, M. Remes, W. Mœricke et Fr. Blaschke ont décrit dix espèces dans le Portlandien de Stramberg; M. P. Pelseneer en a décrit une dans le Maestrichtien de Maestricht, M. K. O. Segerberg deux dans le Danien de Faxe, enfin G. Ristori a décrit une espèce dans l'Astien de la Sicile. Il y en a d'autres encore que je néglige volontairement, parce qu'elles prêtent à discussion.

M. K. O. Segerberg a reconnu le genre *Munida*, représenté par une espèce dans le Danien de Faxœ. Enfin, E. Loeronthey a créé le genre *Palaeomunida* pour une forme très voisine de *Munida*, trouvée dans le Bartonien de la Hongrie.

On voit donc que le groupe est fort ancien, il est largement représenté dans la faune portlandienne, pas autant cependant que le ferait supposer le nombre d'espèces, dont il y a encore plusieurs à mettre en synonymie. Il importe de souligner que plusieurs espèces portlandiennes sont déjà très voisines des formes actuelles. L'origine des *Galatheidæ* est donc à rechercher bien avant le Portlandien.

En 1854, H. von Meyer décrivit sous le nom de *Gastrosaccus Wetzleri*, un Crustacé décapode recueilli dans le Portlandien inférieur « Jura blanc epsilon » de Niederstotzingen (Bavière).

Le nom de *Gastrosaccus* a été employé depuis 1892 par A.-M. Normann, pour désigner un genre de *Mysidæ* établi sur *Mysis Sancta* P.-J. van Beneden.

C'est le même fossile que Fr.-A. Quenstedt a présenté, en 1858, sous le nom de *Prosopon aculeatum*, quoique fort différent des *Prosoponidæ*. Depuis lors, M. W.-J. Sollas et J. Carter ont successivement cité *Gastrosaccus Wetzleri* dans le Lusitanien (Coral rag) d'*Upware* (*Cambridgeshire*).

---

[1] Séance du 3 septembre 1923.

Je considère que le genre *Gastrosaccus* v. Meyer, par la disposition des sillons de son céphalothorax et par la forme de son rostre, représente un type primitif de *Galatheidæ*. Il rappelle, dans une certaine mesure, le genre actuel *Munidopsis* Whiteaves.

La collection de M. le Dr Moutier, de Caen, renferme un Crustacé appartenant au genre *Gastrosaccus* dont il représente une espèce nouvelle, que je décrirai prochainement sous le nom de *Gastrosaccus Moutieri*. Ce fossile a été recueilli par le Dr Moutier dans le Bathonien supérieur de Giberville (Calvados).

Cette découverte a donc pour effet de reculer, jusque dans le Bathonien, la date de l'apparition de cette tribu importante parmi les Anomoures, que sont les *Galatheidæ*.

En 1866, Henry Woodward décrivit sous le nom de *Palæinachus longipes*, un Crustacé décapode provenant du Bathonien supérieur (Forest Marble) de Malmesbury (Wiltshire). T.-A. Bell lui avait donné un nom manuscrit : *Protocarcinus*, ne préjugeant pas des affinités de cette forme, qui ne rappelle en rien, non seulement les *Inachus*, mais aucun des Oxyrhynches. Ce qui avait d'ailleurs déjà été remarqué par Zittel lorsque, en 1895, M. E.-L. Bouvier, dans son travail sur l'origine homarienne des Crabes, discuta longuement la position systématique de la forme décrite par H. Woodward, et en démontra les affinités homoliennes.

Mais en 1835, J.-A. Eudes-Deslongchamps avait décrit, sous le nom de *Homolus Auduini*, un Crustacé provenant du Bathonien supérieur (calcaires bradfordiens de Langrune), à Langrune (Calvados). Ce fossile intéressant, dont le paléontologiste normand avait si bien discerné les affinités, a passé inaperçu. Grâce à l'obligeance de M. A. Bigot, j'ai eu récemment l'occasion de réétudier le type de J.-A. Eudes-Deslongchamps qui appartient aux collections géologiques de la Faculté des Sciences de Caen. Au type sont venus s'ajouter deux exemplaires nouveaux appartenant aux collections de M. le Dr Moutier, de Caen. Ces deux exemplaires proviennent également du Bathonien supérieur, l'un de Moult (Calvados) et l'autre d'Anfreville (Calvados). Ils m'ont permis de voir que la forme décrite sous le nom de *Homolus Auduini* est identique à celle connue sous le nom de *Palæinachus* (*Protocarcinus*) *longipes*. Cette constatation vient renforcer les vues de M. E.-L. Bouvier sur le caractère dromiacé de ce Crustacé bathonien.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à la connaissance des phénomènes de symbiose chez les Orchidées.* Note (1) de M. J. **Wolff**, présentée par M. Guignard.

On admet généralement avec Noël Bernard (2) que les endophytes commensaux habituels des Orchidées perdent avec le temps leurs propriétés d'adaptation à la symbiose. Au cours de quelques tentatives infructueuses pour élucider cette question, je me suis aperçu que les éléments indispensables pour l'étude d'un pareil sujet ont fait défaut jusqu'ici. Les expériences de Burgeff, en Allemagne, et de M. Lamy, en France, ne concordent pas avec celles de Bernard en ce qui concerne la conservation des qualités d'un mycélium. Disons tout de suite que l'on semble avoir méconnu jusqu'ici un facteur important dans l'étude de ces phénomènes, à savoir : l'âge et la qualité des semences soumises à l'action d'un *Rhizoctonia.* Il est possible que Noël Bernard, ses continuateurs et ses commentateurs (3) n'aient pas assez tenu compte de la diminution rapide du pouvoir germinatif des graines, qui se produit avec le temps et qu'ils aient attribué à l'endophyte une perte d'adaptation symbiotique imputable en réalité à la qualité et à l'âge des semences. Pour trancher la question, il aurait fallu, à notre avis, qu'ils eussent à leur disposition des semences possédant, au cours de leurs essais, un pouvoir germinatif constant. Or, jusqu'ici la chose a été pratiquement impossible, le pouvoir germinatif variant, pour ainsi dire, d'un à jour l'autre. Les graines en général, du moins pour beaucoup d'espèces, vieillissent très vite et le temps qui s'écoule entre le moment du repiquage du champignon et celui où l'on fait agir sur les semences le mycélium nouvellement formé est quelquefois suffisant, ainsi que je l'ai observé, pour faire perdre à la graine une partie de son pouvoir germinatif. Il résulte de là que si l'on ne tient pas compte du vieillissement de la graine, on est tenté d'attribuer à l'endophyte une diminution progressive de ses qualités, alors qu'en réalité ce phénomène est imputable à la graine. Un exemple de ce que j'avance ici nous est fourni par une expérience que j'ai faite avec un *Rhizoctonia* de Cattleya retiré de plantules provenant de la même culture.

Après avoir introduit aseptiquement 20 plantules débarrassées de micro-

(1) Séance du 17 septembre 1923.

(2) Noël Bernard, *Évolution dans la symbiose* (*Ann. Soc. nat. Bot.*, 9e série, t. 9, 1909, p. 2, 14, 23).

(3) Costantin, *La vie des Orchidées.*

organismes étrangers, dans 20 tubes différents contenant le milieu gélosé stérile A de Burgeff, j'ai d'abord observé un développement régulier de mycélium dans 12 tubes. Au bout de 8 jours, le développement du champignon paraissait avoir atteint son terme. J'ai alors ajouté séparément dans 6 tubes des graines de diverses provenances et dans les 6 autres tubes des graines de même provenançe, mais à des intervalles différents. Dans les 6 premiers tubes, j'ai observé des différences considérables au point de vue de la rapidité du verdissement des graines, certaines ne germant pas du tout. Dans les 6 derniers, j'ai constaté par le verdissement que la germination était d'autant plus lente à se produire que le vieillissement de la graine était plus avancé, et cela par des intervalles de 8-15-30 jours. Le retard était très sensible (plusieurs jours). Après 3 mois, je n'ai plus observé de germination ([1]). D'autre part, j'ai vu qu'un micélium repiqué, âgé de 30 jours, agissait aussi bien que le mycélium non repiqué sur des graines du même âge.

Pour parer aux inconvénients résultant du vieillissement rapide des semences, on pourra mettre à profit les observations de M. Guillaumin ([2]) au sujet de la conservation dans le vide des facultés germinatives de certaines graines. Si la chose se vérifie pour les semences si fragiles d'Orchidées, on aura la possibilité d'opérer avec des graines d'un pouvoir germinatif toujours égal. L'étude comparative que l'on pourra faire alors sur un endophyte plus ou moins âgé, ou plus ou moins repiqué, permettra de serrer de plus près ce délicat problème.

D'autre part, il résulte de nombreux essais de M. Julien Potin, de M. Louvet, de M. Bultel ([3]) et aussi des miens, que l'adaptation d'un mycélium à la symbiose peut varier d'une façon considérable suivant sa provenance vis-à-vis d'une même graine. Nous savons aussi, comme le montrent les expériences citées plus haut, que le pouvoir germinatif des graines peut varier suivant leur origine et leur âge vis-à-vis du même mycélium.

Lorsque nous aurons à notre disposition des semences conservées dans le vide, d'un pouvoir germinatif plus stable, il nous sera plus facile d'étudier l'action exercée sur un mycélium donné, soit par le temps, soit par un repiquage plus ou moins répété.

([1]) Le même mycélium âgé de 3 mois donnait d'excellents résultats avec de jeunes graines.

([2]) Guillaumin, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1737.

([3]) Voir Costantin et Magrou, *Annales des Sciences naturelles*, t. 4, n° 5, p. xix.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Géraniacées. Développement de l'embryon chez le* Geranium molle *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

D'après certaines formes, par exemple celles des figures 20 et 21 et celles que j'ai représentées en 13, 14, 15 au sujet de précédentes recherches [1], on pourrait croire que les règles du développement sont identiques chez le *Geranium molle* et chez l'*Erodium cicutarium*. L'étude détaillée des processus de segmentation démontre cependant que les lois de l'embryogenèse chez le *Geranium molle* se rattachent plutôt à celles qui ont été exposées au sujet du *Myosurus minimus* [2].

La cellule apicale du proembryon bicellulaire se divise par une paroi nettement verticale en deux cellules juxtaposées semblables (*fig.* 1 et 2); celles-ci se segmentent. à leur tour par des parois méridiennes pour donner quatre cellules très régulièrement disposées autour de l'axe. Les quadrants ainsi formés ne se cloisonnent pas tous de la même manière : tout d'abord, deux d'entre eux, diamétralement opposés (par exemple, a et b' des figures 8 et 9, ou b, a' des figures 10 et 11) se segmentent transversalement pour engendrer deux cellules superposées l et l', tout à fait comparables à deux octants; peu après, les deux autres quadrants se divisent par des parois verticales parallèles aux parois méridiennes pour donner deux cellules juxtaposées, l'une voisine de l'axe, c, d'apparence quadrangulaire, l'autre périphérique, c', d'apparence triangulaire (*fig.* 12 et 13).

A partir de ce moment, les coupes longitudinales du proembryon peuvent présenter dans la région du sommet deux aspects différents : si elles passent par un plan méridien coupant par leur milieu les deux quadrants segmentés transversalement, elles offriront la disposition que l'on peut remarquer dans les figures 14, 15, 16, 22, c'est-à-dire une disposition analogue à celle qu'on rencontre chez le *Myosurus minimus;* si elles sont comprises dans un plan méridien formant avec le précédent un angle variable de 45° à 90°, l'un des deux éléments l apparaîtra au sommet, plus ou moins symétriquement placé sur l'axe du proembryon et rappelant ainsi la cellule épiphysaire qui a été rencontrée chez l'*Erodium cicutarium* (*fig.* 17, 19, 20, 21).

La cellule l se comporte exactement comme l'octant supérieur chez le *Myosurus*. Elle se divise par une paroi verticale (*fig.* 15, 16) en deux éléments α et β; le premier, après s'être cloisonné longitudinalement, se sépare tangentiellement en deux éléments superposés qui représentent les initiales de l'épiderme et de l'écorce du côté de la tige (*fig.* 22); le second se sépare par une paroi tangentielle en une cellule périphérique de dermatogène et en une cellule sous-épidermique qui représente la cellule mère du

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Géraniacées. Développement de l'embryon chez l'*Erodium cicutarium *L'Hérit.* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1565).

(2) R. Souèges, *Sur le développement de l'embryon chez le* Myosurus minimus *L.* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 686); *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 58, 1911, p. 542).

cotylédon (*fig.* 22, à gauche). La cellule l' se comporte à son tour comme l'octant inférieur du *Myosurus*; elle se cloisonne d'abord par des parois verticales, normales l'une à l'autre; les cellules ainsi engendrées se segmentent transversalement pour donner deux, puis, au moment de la naissance des cotylédons, trois ou quatre assises qui contribuent à la construction de la partie hypocotylée. Les cellules c et c' se divisent longitudinalement, puis transversalement (*fig.* 17, 18) pour engendrer un

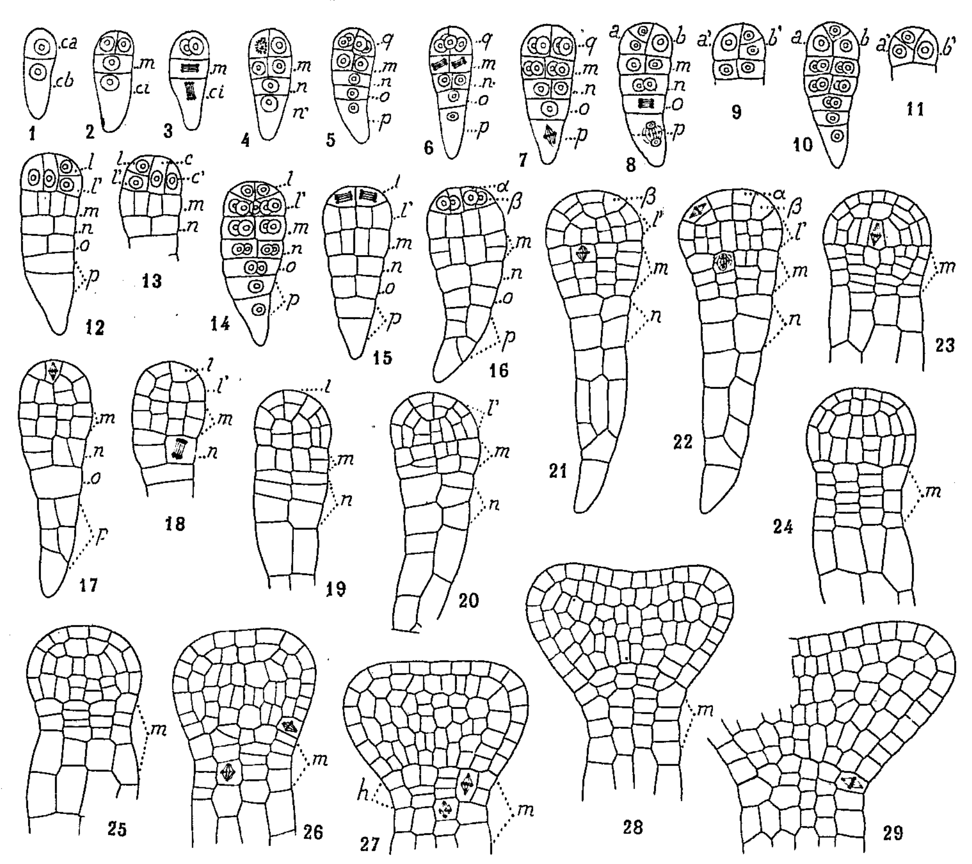


Fig. 1 à 29. — *Geranium molle* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire et, *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *a*, *b*, *a'*, *b'*, les quatre quadrants; *l* et *l'*, cellules-filles superposées d'un quadrant; *c* et *c'*, cellules-filles juxtaposées d'un quadrant; α et β, cellules-filles de *l*; *h*, hypophyse. Les figures 8 et 9 représentent les deux coupes voisines d'un même proembryon; il en est de même de 10 et 11, de 12 et 13, de 17 et 18. G. = 200.

groupe cellulaire, dont les éléments supérieurs entrent, pour une part qu'il n'est pas possible de déterminer, dans la construction de la partie cotylée, tandis que les éléments inférieurs contribuent, avec la cellule l', à l'édification de l'hypocotyle (*fig.* 19 à 26).

Le dermatogène s'individualise nettement quand la partie hypocotylée se compose de deux à trois assises cellulaires (*fig.* 23 à 25); le périblème et le plérome ne se distinguent avec certitude que lorsque les cotylédons ont atteint une certaine longueur.

Au moment de la différenciation du dermatogène apparaît l'étranglement latéral marquant la séparation de l'embryon proprement dit et du suspenseur; peu après une dépression apicale indique la formation prochaine des protubérances cotylédonaires.

La cellule basale du proembryon bicellulaire (*cb*, *fig.* 1) se divise en deux éléments superposés, *m* et *ci*. L'élément *m* par deux cloisons cruciales donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 3 à 10); celles-ci, après de nouvelles segmentations, d'abord longitudinales, puis transversales, engendre un massif cellulaire qui se montre composé généralement, en coupe verticale, de quatre assises de cellules disposées en quatre séries longitudinales (*fig.* 21, à droite); les deux assises supérieures, plus plasmatiques, représentent l'hypophyse; les deux assises inférieures, à contenu plus clair et plus vacuolaire, entrent dans la constitution du suspenseur. Aux dépens de *ci* (*fig.* 3 à 21), se développe la plus grande part de ce dernier organe qui, par sa forme et ses dimensions, rappelle celui de l'*Erodium cicutarium*.

En somme, l'embryon du *Geranium molle* se présente comme une forme de passage entre l'embryon du *Myosurus minimus* et celui du l'*Erodium cicutarium*. Il se rapproche néanmoins beaucoup plus de celui du *Myosurus*, puisque, dans les deux cas, la tétrade et le proembryon octocellulaire s'édifient de la même manière, les deux parties cotylée et hypocotylée tirent leur origine de la cellule apicale et l'hypophyse se développe aux dépens de la cellule intermédiaire de la tétrade. Mais une différence assez singulière sépare ces deux formes embryonnaires : chez le *Geranium*, deux quadrants seulement sur quatre se segmentent transversalement pour engendrer deux cellules qui viennent occuper le sommet du proembryon : ce phénomène marque une tendance manifeste à la différenciation d'une cellule épiphysaire semblable à celle que l'on observe chez l'*Erodium cicutarium*.

PHARMACOLOGIE. — *Essai de mesure de l'anesthésie produite sur les terminaisons nerveuses de la cornée par les anesthésiques locaux. Comparaison des pouvoirs anesthésiques de la cocaïne, de la novocaïne et de la stovaïne.* Note [1] de M. **Jean Régnier**, présentée par M. Roux.

Cherchant à définir une méthode simple pour la mesure des anesthésies produites par les anesthésiques locaux, j'ai étudié tout spécialement l'action de ces corps sur la cornée du lapin, action marquée par la suppression du réflexe cornéen. Je suis parvenu, pour les anesthésies faibles et pour les anesthésies incomplètes qui précèdent ou qui suivent les anesthésies fortes, à apprécier l'intensité de l'anesthésie. Pour les anesthésies fortes, j'ai dû renoncer à mesurer directement l'intensité, mais j'ai donné une définition

[1] Séance du 17 septembre 1923.

nette de l'anesthésie que j'admets comme complète, et j'ai pu ainsi par la mesure de la durée de cette « anesthésie complète » apprécier également les anesthésies fortes.

Description de la méthode. — Cette méthode repose sur les constatations suivantes qui dépendent sans doute des phénomènes d'addition latente des excitations. Un œil normal se ferme dès le premier attouchement léger de la cornée fait à l'aide d'un crin fin. Un œil anesthésié ne réagit pas à cette excitation unique; sa faculté de réponse aux excitations répétées dépend du degré de l'anesthésie. Si l'anesthésie est très forte l'œil ne réagira pas, même à un très grand nombre d'excitations. Si l'anesthésie est légère, ou si elle est imparfaite, précédant ou suivant une anesthésie forte, il sera possible en répétant plusieurs fois l'excitation de provoquer le réflexe, et il semble que dans ce cas le nombre des excitations nécessaires pour provoquer le réflexe soit sensiblement proportionnel au degré de l'anesthésie. J'ai repété les excitations en allant de 1 à 100; à 100 j'ai considéré l'anesthésie comme complète. J'ai appliqué ce principe à l'étude des anesthésies de leur période initiale à leur période terminale et j'ai pu ainsi procéder à la comparaison des anesthésiques locaux.

Les conditions très définies que j'ai suivies sont les suivantes : Après avoir vérifié si le réflexe est normal à la minute 0 et à la minute 4, je maintiens le lapin couché, son œil étant ouvert et la cornée regardant en haut. A la minute 4 $^1/_2$ un aide place une goutte de la solution tiédie à 40° sur la cornée; après une minute il place une nouvelle goutte; après une minute encore le lapin est remis au repos. A la minute 8 je cherche quel est le nombre d'excitations au crin qu'il faut produire pour obtenir la fermeture complète de l'œil. Je procède de la même façon aux minutes suivantes : 10, 12 $^1/_2$, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60. Conventionnellement, pour les anesthésies fortes résistant à plus de 100 excitations, je note le chiffre 100. Il m'est donc possible de traduire une anesthésie par une courbe portée sur un tableau où la ligne des abscisses indique les minutes de 0 à 60, et la ligne des ordonnées indique le nombre des excitations au crin de 1 à 100. De plus, en additionnant tous les nombres d'excitations, j'obtiens un chiffre qui exprime l'anesthésie. Les essais étant faits aux 13 temps cités plus haut, une anesthésie absolument nulle se traduit par le chiffre 13, une anesthésie absolument complète se traduit par le chiffre 1300. A partir du chiffre 20 j'estime qu'il y a anesthésie non douteuse.

Il existe plusieurs facteurs de variation : variations tenant à la façon dont l'expérience est conduite, variations tenant au lapin et à l'œil lui-même. Pour diminuer autant que possible ces influences nuisibles j'ai effectué, pour chaque solution à étudier, huit essais sur des séries de quatre lapins. Mes chiffres sont donc toujours des moyennes de huit expériences. J'ai constaté en outre que les yeux des lapins s'accoutumaient assez vite à la solution anesthésique. Ainsi, après un mois et demi d'essais, l'efficacité d'une solution de cocaïne à 1 pour 100 était diminuée d'un tiers. J'ai donc toujours effectué les expériences comparatives successivement et à intervalles très rapprochés.

Pour établir les rapports d'efficacité il m'était interdit de comparer les chiffres entre eux, puisque le chiffre conventionnel 100, compté lorsque l'anesthésie est complète, n'est qu'un minimum. J'ai donc, par des expériences successives, cherché le titre de la solution de l'anesthésique servant de comparaison qui me donnait le même

chiffre que la solution de l'anesthésique à étudier; de la comparaison des titres de ces deux solutions de même pouvoir anesthésique, j'ai déduit les puissances relatives des deux anesthésiques.

Pour vérifier cette méthode, un certain nombre de solutions de chlorhydrate de cocaïne dont j'ignorais le titre m'ont été soumises. J'en ai retrouvé les concentrations de façon suffisamment approchée : sept essais m'ont donné une erreur relative en moins allant de 10 à 20 pour 100. Un essai m'a donné une erreur relative en plus de 25 pour 100. Les solutions ainsi étudiées étaient à des titres variant de 4^g pour 100 à 0^g,25 pour 100. Un essai effectué avec une solution plus diluée (0^g,13 pour 100) a été moins favorable : j'ai en effet trouvé 0^g,19 pour 100, l'erreur relative a donc atteint 46 pour 100.

Étude comparative de l'action de la cocaïne, de la novocaïne et de la stovaïne sur la cornée. — a. Chlorhydrate de cocaïne : La période initiale de l'anesthésie est courte : 5 minutes suffisent presque toujours pour atteindre l'anesthésie maximum. La période terminale est de durée assez faible; pour les anesthésies les plus fortes, elle ne dépasse guère 10 à 15 minutes.

Voici, à titre d'exemple, les chiffres et les temps obtenus avec les solutions de cocaïne sur la première série de lapins (lapins ayant déjà servi à de multiples expériences) :

La solution à 1:5 a donné comme chiffre moyen 1041, soit une durée d'« anesthésie complète » de 40 à 45 minutes. Celle à 1:10, 641, soit 20 à 25 minutes; à 1:25, 439, soit 10 à 15 minutes; à 1:50, 393, soit 7 à 10 minutes; à 1:75, 303, soit 5 à 7 minutes; à 1:100, 209, soit 2 à 5 minutes; à 1:150, 102, soit 0 à 2 minutes; à 1:200, 58; à 1:300, 41; à 1:400, 25; à 1:500, 15.

Sur la seconde série de lapins (lapins plus jeunes et non accoutumés) les chiffres ont été plus élevés. Ces lapins se sont montrés de deux à trois fois plus sensibles.

b. Novocaïne et stovaïne. — L'anesthésie se produit dans les deux cas de la même façon qu'avec la cocaïne. La période initiale pour des concentrations de même efficacité n'est pas plus longue et la période terminale est sensiblement de même longueur.

Le pouvoir anesthésique de la novocaïne a été comparé à celui de la cocaïne par cinq essais successifs faits sur des solutions de novocaïne de plus en plus diluées, jusqu'à la dilution 1 pour 20 qui sur la première série de lapins m'a donné le seuil d'anesthésie. La novocaïne s'est montrée de dix à treize fois moins active que la cocaïne.

Le pouvoir anesthésique de la stovaïne a été comparé à celui de la cocaïne par quatre essais successifs faits sur des solutions de stovaïne de plus en plus diluées jusqu'à la dilution 1 pour 50 qui sur la première série de lapins m'a donné le seuil d'anesthésie. La stovaïne produit sur la cornée au début de l'anesthésie une action assez fortement irritante. En solutions très concentrées (1:10) elle est presque aussi active que la cocaïne, mais son pouvoir anesthésique s'abaisse en même temps que les concentrations diminuent, et en solutions assez diluées (1:25, 1:50) la stovaïne est environ sept fois moins active que la cocaïne.

La séance est levée à 15^{h}5^m.

E. P.

DARBOUX (Gaston), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences, Membre du Bureau des Longitudes.

Leçons sur la théorie générale des surfaces et les Applications géométriques du calcul infinitésimal. Quatre volumes in-8 (25-16) :

Ire PARTIE : *Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima;* 2e édit. revue et augmentée; 1914.. 40 fr.

IIe PARTIE : *Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Des lignes tracées sur les surfaces;* 2e édition revue et augmentée; 1915........ 40 »

IIIe PARTIE : **Lignes géodésiques et courbure géodésique. Paramètres différentiels. Déformation des surfaces;** 1894 (nouveau tirage 1923)........ 50 »

IVe PARTIE : *Déformation infiniment petite et représentation sphérique;* 1896........ 30 »

ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES ou **Extrait de la Connaissance des Temps pour l'an 1924.** Ouvrage publié par le **Bureau des Longitudes** à l'usage des marins.

Un volume in-8 (25-16) de 140 pages, avec cartes; 1923........ 7 »

FERMAT.

Œuvres de Fermat

Publiées par les soins de *Paul Tannery* et *Charles Henry,* sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique. Cinq volumes in-4 (28-23), se vendant séparément,

TOME I : *Œuvres mathématiques diverses. — Observations sur Diophante.* Avec 3 planches en photoglyptographie (portrait de Fermat, fac-similé du titre de l'édition de 1679, et fac-similé d'une page de son écriture); 1891........ 44 »

TOME II : *Correspondance de Fermat;* 1894........ 44 »

TOME III : *Traductions par* M. PAUL TANNERY *des écrits latins de Fermat, de l'* «Inventum novum» *de Jacques de Billy et du* «Commercium Epistolicum» *de Wallis;* 1896........ 56 »

TOME IV : *Compléments par* M. CHARLES HENRY : *Supplément à la Correspondance. — Appendice. — Notes et Tables;* 1912........ 28 »

GAUTIER et CHARPY.

Leçons de Chimie à l'usage des élèves de Mathématiques spéciales.

7e édition revue et mise à jour par GEORGES CHARPY, Membre de l'Institut.

Un volume in-8 raisin (250-162) de 534 pages, avec 96 figures dans le texte; 1923; broché........ 25 fr. 50

HAAG (J.), Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

Cours complet de Mathématiques spéciales*

Quatre volumes in-8 (25-16) avec quatre volumes d'exercices résolus ou proposés.

TOME I. — *Algèbre et Analyse.* Volume de VI-402 pages, avec 44 figures; 1914........ 18 »
— *Exercices du Tome I.* Volume de IV-220 pages, avec 14 figures; 1914........ 15 »

TOME II. — *Géométrie.* Volume de VII-662 pages; 1921........ 65 »
— *Exercices du Tome II.* Volume de 502 pages, avec 46 figures; 1921........ 50 »

TOME III. — *Mécanique.* Volume de VIII-192 pages, avec 29 figures; 1922........ 16 »
— *Exercices du Tome III.* Volume de 202 pages, avec 46 figures; 1922........ 16 »

TOME IV. — *Géométrie descriptive. Trigonométrie.* Volume de XI-152 pages, avec 62 figures; 1923........ 13 »
— *Exercices du Tome IV.* Volume de 154 pages, avec 27 figures; 1923........ 15 »

Une notice détaillée sur tout Ouvrage marqué d'une astérisque (*) sera envoyée sur demande.

INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY.

La Structure de la Matière. *Rapport et Discussions du Conseil de Physique, tenu à Bruxelles du 27 au 31 octobre* 1913 publiés par la Commission administrative de l'Institut et MM. les Secrétaires du Conseil.
Un volume in-8 (25-16) de XII-324 pages, avec 21 figures; 1921; broché. .... 30 fr.

INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY.

Atomes et Electrons. *Rapport et Discussions du Conseil de Physique, tenu à Bruxelles du 1er au 6 avril* 1921, publiés par la Commission administrative de l'Institut et MM. les Secrétaires du Conseil.
Un volume in-8 (25-16) de 274 pages, avec figures; 1923; broché.......... 20 »

JANS (G. de), Docteur en Sciences physique et mathématiques.

Sur le mouvement d'une particule matérielle dans un champ de gravitation à symétrie sphérique.
Un volume (25, 5-17) de 98 pages; 1923.......... 6 »

KLING (André), Docteur ès Sciences, Directeur du Laboratoire municipal de Paris.

Les Progrès de la Chimie en 1920*
Traduction française autorisée des *Annual Reports on the Progress of Chemistry for* 1920. *Volume* XVII.
Un volume in-8 carré (225×140) de VIII-368 pages.......... 40 »

MANSION (Paul), Professeur émérite de l'Université de Gand.

L'Essence de la Trigonométrie (avec le portrait de l'auteur et une notice biographique par **A Dumoulin**, professeur à l'Université de Gand).
Un volume in-8 (25-16) de 28 pages; 1922.......... 4 »

MARIOTTE (Edme).

Discours de la nature de l'air. De la végétation des plantes. Nouvelle découverte touchant la vue. (*Collection des Maîtres de la Pensée scientifique*).
Un volume in-16 double couronne (180-115) de XV-120 pages; 1923.......... 3 »

MONGE (Gaspard).

Géométrie descriptive. Augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective, extraite des papiers de l'auteur par BARNABÉ BRISSON (*Collection des Maîtres de la Pensée scientifique*).
Deux volumes in-16 de 144 pages, avec 37 figures et de 138 pages se vendant ensemble; 1923.......... 6 »

NIELSEN (Niels), Professeur à l'Université de Copenhague, Membre de l'Académie royale des Sciences de Danemark.

Traité élémentaire des nombres de Bernoulli*
Un volume in-8 de 398 pages; 1923.......... 50 »

ROY (Louis), Professeur de Mécanique rationnelle et appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

L'électrodynamique des milieux isotropes en repos d'après Helmholtz et Duhem (*Collection « Scientia »*, n° 40).
Un volume in-12 de 94 pages; 1923.......... 10 »

ROY (Maurice), Ingénieur au Corps des Mines.

Sur la théorie des surfaces portantes* (*Collection « Scientia »*, n° 39).
Un volume in-8 écu (200×130) de 132 pages, avec 59 figures (Ph. Mth n° 39); 1923.......... 12 »

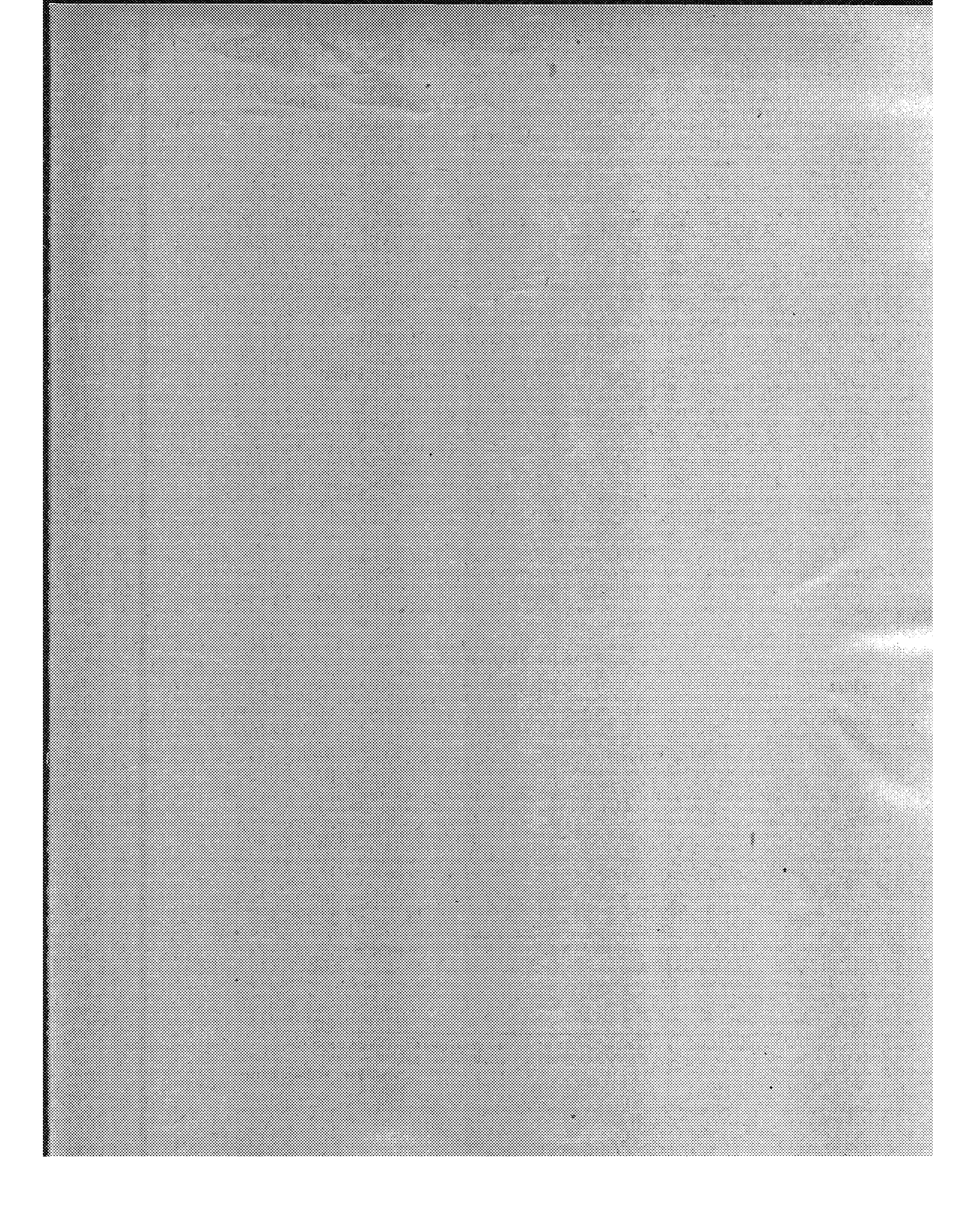
SILBERSTEIN (Ludwik), Ancien professeur de Physique mathématique à l'Université de Rome.

Éléments de la Théorie Électromagnétique de la Lumière*
Traduit de l'anglais par *Georges Matisse*.
Un volume in-8 couronne (185-115) de IV-94 pages; 1923.......... 6 »

SMITS (Docteur A.), Professeur de Chimie générale à l'Université d'Amsterdam.

Théorie de l'Allotropie. Première édition française, traduite par J. GILLIS, Docteur en sciences chimiques. Ex-Préparateur à l'Université d'Amsterdam.
Un volume in-8 raisin (25-16) de 524 pages et 239 figures dans le texte; 1923; broché.......... 55 »

AVIS — Des notices détaillées sur les Ouvrages marqués d'une astérisque (*) seront envoyées gratuitement sur demande



N° 13.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 24 Septembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. le Président souhaite la bienvenue à M. le Major *Mac Mahon*, qui assiste à la séance 545

PLIS CACHETÉS

M. Paul Sonier demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 mai 1922 et inscrit sous le n° 8999 545

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 545

M. J. Kampé de Fériet. — Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur 546

M. Louis de Broglie. — Quanta de lumière, diffraction et interférences 548

M. L. Bert. — Synthèse d'une aldéhyde à odeur de verveine, le méthoéthyl-1-benzène-éthanal-4 550

M. Victor Van Straelen. — Sur des crustacés décapodes du Bathonien 552

M. J. Wolff. — Contribution à la connaissance des phénomènes de symbiose chez les Orchidées 554

M. René Souèges. — Embryogénie des Géraniacées. Développement de l'embryon chez le *Geranium molle* L. 556

M. Jean Regnier. — Essai de mesure de l'anesthésie produite sur les terminaisons nerveuses de la cornée par les anesthésiques locaux. Comparaison des pouvoirs anesthésiques de la cocaïne, de la novocaïne et de la stovaïne 558

70755 — 9-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 14 (1er Octobre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er OCTOBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La composition de la météorite tombée à Saint-Sauveur (Haute-Garonne) en* 1914 (1). Note de M. **A. Lacroix.**

Dans une Note récente (2), MM. Mengaud et Mourié ont décrit les particularités de la chute (10 juillet 1914) à Saint-Sauveur (Haute-Garonne) d'une météorite dont ils m'ont confié l'étude.

Cette pierre présente un très grand intérêt, car, au lieu de se rapporter à l'une des variétés de la roche, essentiellement formée par du péridot et par un pyroxène rhombique, qu'ont fourni la plus grande partie des chutes étudiées, elle appartient à un type lithologique qui n'a été observé jusqu'ici que dans les quatre chutes suivantes : Pillistfer (3), Livonie (8 août 1863); Daniel's Kuil (4), Griqualand West, Afrique australe (20 mars 1868); Khairpur (4), Penjab, Inde (23 septembre 1873); Hvittis (5), Åbo, Finlande (21 octobre 1901).

Tandis que les roches de ces chutes anciennes sont à grain fin et possèdent une cassure très cristalline d'un gris noirâtre, la pierre de Saint-Sauveur est à grain extrêmement fin; sa cassure est noire et mate.

---

(1) Séance du 27 août 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 510.

(3) L'analyse chimique a été faite par G. Grewingk et C. Schmidt (*Arch. naturk. Livon. — Esth.-u. Kurlands*, série 1. *Min. Wiss. Dorpat*, t. 3, 1864, p. 425) et l'étude minéralogique par A. Lacroix (*Bull. Soc. franç. Minér.*, t. 28, 1905, p. 70).

(4) G.-T. Prior, *Miner. Magaz. London*, t. 18, 1916, p. 12.

(5) L.-H. Borgström, *Bull. Comm. géol. Finlande*, t. 3, 1903, n° 14, p. 24.

L'examen, à l'aide des procédés métallographiques, d'une surface bien polie fait apparaître sur un fond noir deux catégories de minéraux métalliques plus distincts que sur une cassure : des granules blancs de *fer nickelé* ne dépassant pas $0^{mm},5$ de diamètre et très irrégulièrement distribués, des particules extrêmement fines de *troïlite* d'un jaune bronzé qui, elles, sont régulièrement réparties. C'est à cette armature de fer métallique et de sulfure de fer que la roche doit cette extrême ténacité signalée par MM. Mengaud et Mourié.

L'étude en lames minces montre que plus de la moitié de la roche est constituée par de l'enstatite, accompagnée d'une petite quantité de quelques autres minéraux : clino-enstatite, oldhamite, maskelynite et enfin, en moindres proportions encore, apatite et graphite. La structure est microgrenue. La plus grande partie des minéraux métalliques moulent les silicates.

L'*enstatite* forme des grains ayant en moyenne $0^{mm},02$ à $0^{mm},04$ et de petits cristaux à formes nettes, limités par m; ceux-ci sont allongés suivant l'axe vertical et mesurent environ $0^{mm},12$; çà et là, se voient quelques prismes plus gros ($0^{mm},06$). Il existe aussi, en très petit nombre, des chondres monosomatiques ou polysomatiques ne dépassant guère $0^{mm},05$ de diamètre; ils sont solidement encastrés et le plus souvent imparfaits; cette enstatite renferme des inclusions aciculaires de troïlite distribuées dans ses clivages; les propriétés optiques sont celles du pyroxène rhombique à peu près dépourvu de fer; l'angle des axes optiques, autour de la bissectrice aiguë, de signe positif, est très petit. Il faut signaler enfin fort peu de *clino-enstatite*, à fines macles polysynthétiques.

L'*oldhamite* [1] constitue de petits grains monoréfringents d'un brun rougeâtre dont la cristallisation paraît avoir accompagné celle de l'enstatite; ils sont en effet accolés aux cristaux de ce minéral ou bien sont englobés par eux. Le diagnostic optique de ce sulfure de calcium a été complété par

---

[1] L'oldhamite n'a été rencontrée dans aucune roche terrestre, mais elle se forme, avec quelques autres monosulfures, dans certaines scories métallurgiques riches en calcium et pauvres en autres métaux bivalents (J. H. L. Vogt, *Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen*, Kristiania, 1892, p. 250, et Die Sulfid : Silicat Schmelzlösungen, *Kristiania videnskaps-Skrifter*, *I. Mat.-nat. Klasse*, 1918, n° 1, p. 60). L'on m'a apporté, au Muséum, il y a quelques années, comme produit naturel, un bloc recueilli sur la plage du Vert-Bois, à l'île d'Oléron : son origine est inconnue, mais certainement artificielle. Il appartient à un type spécial de scorie métallurgique; c'est une masse légère, formée par de minces cloisons pier-

l'action d'une goutte d'eau sur une faible quantité de la pierre finement pulvérisée placée sur une lame d'argent : celle-ci se colore rapidement en noir, la goutte de liquide évaporée, après un court séjour à l'air, donne des cristaux de gypse.

Les intervalles laissés entre eux par les grains d'enstatite sont parfois remplis par une substance incolore, monoréfringente, moins réfringente que le baume du Canada; elle renferme assez fréquemment des grains d'oldhamite. D'après la composition chimique de la roche, cette substance a la composition d'une andésine à 31 pour 100 d'anorthite. On pouvait se demander si elle n'est pas constituée par un verre originel. J'ai rencontré dans une préparation une surface à section presque rectangulaire dont l'examen conduit à une autre interprétation. Constituée par ce produit monoréfringent, elle apparaît, en lumière naturelle, comme formée par des baguettes enchevêtrées dont la forme, rappelant celle d'un feldspath, est jalonnée par des inclusions très grêles (enstatite?); il n'est guère douteux qu'il s'agisse là d'un feldspath fondu, à comparer à la *maskelynite*. Le seul cas où ce minéral ait pu être extrait et analysé est celui de la météorite d'Umjhiawar; sa composition est celle d'une andésine à 48 pour 100 d'anorthite, extrêmement voisine du labrador. Si mon interprétation est exacte, il ne faut plus parler de la maskelynite, mais de maskelynites, tous les feldspaths étant susceptibles de donner naissance à un verre par leur fusion.

Il me reste à signaler quelques rares cristaux incolores, allongés suivant l'axe vertical et inclus dans le fer métallique; par leur forme et leurs propriétés optiques, ils semblent devoir être rapportés à l'apatite, ce diagnostic est confirmé par la présence d'une petite quantité d'acide phosphorique dans la partie de la roche attaquable par les acides. C'est la première fois que ce minéral est rencontré dans une météorite pierreuse avec des formes géomé-

---

reuses, d'un gris noir, limitant des cavités bulleuses, ayant uniformément environ 1cm de diamètre. L'examen microscopique montre que cette scorie est essentiellement constituée par des cristaux de mélilite renfermant quelques globules de fer métallique et d'innombrables octaèdres et cristallites d'oldhamite. Bien enchâssé dans sa gangue silicatée, le sulfure de calcium a pu être soustrait à l'action de l'eau de mer et de l'humidité atmosphérique, contrairement à ce que l'on pouvait penser. Cette résistance aux agents extérieurs d'une substance aussi altérable rappelle celle du fluorure de sodium cristallisé (villiaumite) qu'en dépit de sa solubilité dans l'eau j'ai rencontré comme élément constitutif de certaines syénites néphéliniques des îles de Los, à quelques décimètres de la surface délavée par les pluies tropicales.

triques, le phosphate de chaux reconnu dans un grand nombre de cas se présentant toujours à l'état xénomorphe [1].

Les nombres suivants résultent de la combinaison des résultats de plusieurs séries d'analyses faites par M. Raoult; les unes sur la portion de la roche attaquable par les acides et les autres sur la partie inattaquée par ceux-ci. Les éléments constitutifs de cette météorite sont tellement menus et les minéraux métalliques si intimement mélangés aux silicates qu'il a été impossible d'effectuer une séparation satisfaisante à l'aide de l'aimant. Des essais pour la recherche du titane ont donné des résultats négatifs.

La densité est de 3,66.

SiO^2	33,40
Al^2O^3	3,29
FeO	0,21
MgO	17,00
CaO	1,12
Na^2O	0,96
K^2O	0,21
P^2O^5	0,17
Perte au feu 105°C	0,09
Fe	34,86
Ni	1,62
Co	0,12
Mn	0,05
Cr	0,08
Ca	0,64
S	5,82
C	0,10
	99,74

Cette composition chimique peut s'exprimer minéralogiquement de la façon suivante, qui correspond exactement à la composition observée, sous deux réserves. Le chrome se trouvant dans la portion attaquable par les acides, doit se présenter à l'état de *daubréelite* ($FeS.Cr^2S^3$), mais ce minéral n'a pu être observé directement [2], sans doute à cause de sa faible proportion. Le calcul indique 1,40 pour 100 de forstérite, mais je n'ai pu reconnaître ce minéral dans les lames minces; il est cependant vraisemblable que cela est dû à la difficulté de distinguer ce péridot peu biréfringent

[1] G. P. MERRILL, *Amer. J. of Sc.*, t. 43, 1917, p. 322.

[2] Ce minéral a été rencontré dans les pierres de Hvittis et de Daniel's Kuil.

de l'enstatite dans une roche à éléments aussi fins, car les essais d'attaque de celle-ci par l'acide chlorhydrique à froid a donné non seulement de la magnésie, mais encore une petite quantité de chaux.

Partie oxydée.				Partie métallique et sulfures.			
Feldspaths.	Si^3O^8AlK	1,11	13,38	Alliage métallique.	Fe	25,70	27,49
	Si^3O^8AlNa	8,38			Ni	1,62	
	Si^2O^6AlCa	3,89			Co	0,12	
Pyroxènes.	SiO^3Ca	0,35	41,25		Mn	0,05	
	SiO^3Mg	40,50		Graphite			0,10
	SiO^3Fe	0,40		Sulfures.	FeS	14,26	15,63
Péridot SiO^4Mg^2			1,40		CaS	1,15	
Apatite			0,34		$FeS.Cr^2S^3$		0,22

La conclusion de cette étude est que la pierre météorique de Saint-Sauveur présente avec celle des quatre chutes indiquées plus haut l'analogie la plus remarquable; elle en présente les caractéristiques essentielles : abondance du fer nickelé et pauvreté en nickel de celui-ci (Fe : Ni = 16 : 1), prédominance parmi les silicates de l'enstatite presque exclusivement magnésienne, associée à une substance feldspathique, présence de l'oldhamite, rareté des chondres. Les différences sont de minime importance; ce sont les suivantes : la teneur en troilite est environ plus de deux fois supérieure à celle constatée dans les météorites des autres chutes; le feldspath pauvre en molécules d'anorthite n'existe pas sous forme cristalline, mais à l'état fondu (maskelynite), il existe sans doute des traces de monticellite; enfin, le grain de la roche est beaucoup plus fin.

NÉCROLOGIE. — *H. G. Zeuthen* (1), par M. **Émile Picard**.

Depuis la publication du Tome IV des *Mémoires scientifiques de Paul Tannery*, la mort a frappé un de ceux qui collaboraient à la publication des travaux du grand historien. Mme Paul Tannery vient de dire la douleur que lui a causée la disparition de H. G. Zeuthen, que tant de liens rattachaient à son mari et au dévouement duquel elle devait d'avoir pu rassembler ses œuvres. Elle a tenu en outre à ce que quelques pages fussent consacrées au début de ce volume à la mémoire de l'illustre géomètre danois, que l'Aca-

(1) La mort de M. Zeuthen a été annoncée à l'Académie dans la séance du 16 février 1920. Je donne ici comme notice sur notre regretté Correspondant la Préface que j'ai écrite pour le Tome V des Œuvres de Paul Tannery.

démie des Sciences comptait depuis longtemps parmi ses correspondants.

Zeuthen était venu dans sa jeunesse compléter son instruction scientifique à Paris, où il suivit les cours du Collège de France et de la Sorbonne. Accueilli avec une cordialité dont il aimait à rappeler le souvenir, il reçut de Chasles des conseils et des encouragements qui l'ont porté à se diriger dans les voies de la géométrie moderne. Ses premiers travaux, dont plusieurs ont été publiés dans les *Comptes rendus* de notre Académie, n'ont pas tardé à le mettre hors de pair, et à le faire regarder par tous comme le meilleur et le plus fidèle élève de celui qui était alors le prince de la géométrie. Zeuthen n'ignorait rien d'ailleurs des relations étroites qui lient la géométrie à l'analyse, et il eut toujours un sens très net des directions dans lesquelles doivent s'engager les recherches des géomètres.

Les premières publications de Zeuthen remontent à l'époque où Chasles énonçait le célèbre principe de correspondance et jetait les fondements de cette théorie des caractéristiques des systèmes de coniques, qui a provoqué tant de recherches importantes et fécondes. A la suite des publications de Chasles, d'éminents mathématiciens, comme Cayley, Clebsch, Cremona, revenaient sur les principes fondamentaux de la théorie pour les appliquer ou les étendre. Zeuthen prit une part importante à ce travail difficile, que Halphen devait pousser jusqu'à son dernier terme; il étendit aussi les idées de Chasles aux courbes du quatrième degré. En même temps, il appliquait le principe de correspondance à la démonstration des relations célèbres que Plücker a fait connaître entre les singularités d'une courbe plane, puis il reprenait et complétait les théories de Cayley relatives aux singularités des courbes gauches et des surfaces algébriques, se préparant ainsi à l'étude géométrique des propriétés des courbes et des surfaces dont les points se correspondent un à un. Dans ces questions difficiles, des nombres invariants jouent un rôle capital; tel le genre riemannien dans la théorie des courbes algébriques. Un invariant relatif rencontré pour la première fois par Zeuthen dans l'étude des courbes situées sur une surface porte justement son nom; il a été rencontré depuis dans des questions d'un tout autre ordre, relatives aux périodes des intégrales doubles. Ces recherches délicates, comme le savent tous ceux qui se sont occupés de la théorie des surfaces algébriques, ont été exposées par Zeuthen dans plusieurs notes et mémoires publiés de 1864 à 1873.

D'autres recherches du géomètre danois se rapportent à des sujets tout différents. On sait que Newton, dans son énumération des lignes du troisième ordre, s'est attaché à la détermination complète des formes de celles-ci,

et a démontré que toutes ces formes s'obtiennent en faisant la perspective de cinq types fondamentaux. Depuis Newton, ce genre d'études, connu sous le nom de topologie, n'a jamais été abandonné par les géomètres. Zeuthen lui a apporté une contribution importante, en déterminant d'une manière approfondie les différentes formes des courbes du quatrième ordre et faisant connaître de nombreuses propriétés de situation relatives aux surfaces cubiques. Ces belles recherches ont été l'origine de nombreux travaux.

Pendant longtemps Zeuthen n'avait pas paru suivre son maître Chasles dans la voie des recherches historiques. Mais vers 1880, il tourne principalement son activité de ce côté, et en 1884 paraît son grand ouvrage *Sur l'histoire des coniques dans l'antiquité*, où il fait preuve d'une connaissance profonde de la géométrie antique. C'est une œuvre à laquelle tous les géomètres ont rendu pleine justice, et qui mérite de prendre place à côté de l'*Aperçu historique* de Chasles. Nous avons plaisir à rappeler ici le jugement que portait sur elle Paul Tannery, quand il écrivait : « Le travail de M. Zeuthen fera époque; jusqu'à lui l'histoire des coniques dans l'antiquité était incomprise. M. Zeuthen non seulement en donne la clef, mais nous guide de façon à ne plus nous laisser égarer ». On peut dire que nul ne s'assimila mieux que l'éminent géomètre danois la façon de penser et de raisonner des Anciens en mathématiques.

A partir de 1885, les publications historiques de Zeuthen se succèdent avec une admirable régularité. Dans ses notes *sur l'histoire des mathématiques*, il aborde les questions les plus variées, en particulier l'étude des premiers progrès du calcul infinitésimal et les origines de la théorie de ces nombres irrationnels qui avaient été un grand scandale dans les écoles pythagoriciennes. Sans doute l'histoire est une science parfois conjecturale, et l'absence de documents peut autoriser des opinions variées; c'est ainsi que des historiens des sciences mathématiques ont pu être d'avis différents sur l'aptitude aux recherches arithmétiques des Grecs, que tous s'accordent à regarder comme merveilleusement doués pour la géométrie. Il est souvent difficile de soulever le voile, sous lequel les Anciens cachaient leurs méthodes de recherches, et l'on reste saisi d'admiration devant la subtilité d'esprit d'historiens habiles, comme Zeuthen, à suggérer des hypothèses vraisemblables.

L'histoire des sciences peut être envisagée sous des points de vue divers. Les uns s'intéressent aux savants eux-mêmes, et se préoccupent de rendre à chacun la justice qui lui est due, s'efforçant de rattacher à un nom les

découvertes ou les doctrines importantes. C'est une manière assurément très légitime d'entendre l'histoire, et nous serions heureux d'avoir quelques précisions sur la vie de Thalès et celle de Pythagore, et de connaître exactement leur œuvre. D'autres s'attachent davantage à l'histoire des méthodes et des résultats, se souciant moins des hommes. C'est à ces derniers que se rattache Zeuthen. Quoiqu'on lui doive d'avoir mis en pleine lumière le rôle joué par Apollonius de Perge dans l'étude des sections coniques, il se préoccupa surtout de tracer un tableau fidèle de l'évolution historique de la science mathématique.

Zeuthen eut l'heureuse fortune d'avoir pour collègue à l'Université de Copenhague l'illustre philologue Heiberg, avec lequel il collabora dans plusieurs circonstances. On se rappelle notamment avec quel intérêt fut accueillie la découverte faite par M. Heiberg à Constantinople dans le *Metochion* du cloître du Saint-Tombeau de Jérusalem, d'un manuscrit dont l'écriture, qui date du *treizième* siècle, recouvrait plusieurs manuscrits d'Archimède en belles minuscules du *dixième* siècle. La traduction de M. Heiberg fut suivie d'un remarquable commentaire, dans lequel Zeuthen fait une analyse pénétrante de la façon de travailler du grand géomètre de Syracuse, avec ses méthodes, essentiellement distinctes, d'invention et de démonstration. Et comment ne rappellerions-nous pas ici avec reconnaissance la collaboration entre Zeuthen et M. Heiberg, d'où est sortie la magistrale édition des Œuvres de Paul Tannery, sur laquelle veille une pieuse sollicitude.

H. G. Zeuthen était né à Grimstrup (Jütland), le 15 février 1839; il s'est éteint doucement à Copenhague le 5 janvier 1920. Chez lui le caractère fut à la hauteur de l'intelligence, et tous ceux qui l'ont approché garderont le souvenir de l'homme bon et simple, dont la longue vie fut consacrée à la science et à sa nombreuse famille. La France perd en lui un ami fidèle, dont les chaudes sympathies pour notre pays remontaient aux temps lointains de sa studieuse jeunesse.

M. **Hadamard** revient brièvement sur le sujet de sa Note du 10 septembre 1923. Il rappelle comment l'expérience, dans le seul cas où elle eût été instituée jusqu'ici, grâce à l'initiative de M. Camichel, a donné raison à ses objections précédentes contre l'hypothèse de glissement de Helmholtz.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement d'un fluide en contact avec un autre et surfaces de discontinuité.* Note de M. **Vito Volterra**.

En prenant l'occasion de l'intéressante communication de M. Hadamard sur les surfaces de discontinuité dans les fluides, je prends la liberté de faire connaître des cas de mouvements des liquides que je crois nouveaux. Ce sont des cas dans lesquels il y a une surface qui sépare un liquide en mouvement d'un fluide en repos (c'est-à-dire une surface de discontinuité) sans que le mouvement du liquide soit parallèle à un plan. Jusqu'à présent je n'ai vu traité la question précédente, qu'on appelle des *jets liquides*, que lorsque le mouvement du liquide est plan. Dans cette hypothèse, si l'on suppose en outre le mouvement stationnaire et sans tourbillons, on a un potentiel de vitesse qui dépend de deux variables et qui est la partie réelle d'une fonction de variable complexe. Le succès de la méthode dépend de l'emploi de la théorie des fonctions et de la représentation conforme. Lorsqu'on veut examiner des cas généraux il est nécessaire d'abandonner ces méthodes et de suivre des méthodes nouvelles.

Soit σ la surface de séparation de deux fluides F_1 et F_2, l'un étant en repos, l'autre n'ayant pas de tourbillons et étant incompressible.

Si n est la normale à σ, le potentiel de vitesse V de ce dernier vérifiera sur σ les conditions

$$\frac{\partial V}{\partial n}=0, \qquad \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2=2\,P+h,$$

P étant la différence entre le potentiel des forces et le rapport entre la pression et la densité, et h une constante. Dans tout le domaine occupé par F_2, on aura

$$\Delta V=0.$$

Prenons un système de coordonnées curvilignes orthogonales ρ_1, ρ_2, ρ_3 telles que l'équation de σ soit $\rho_3 =$ constante $= \rho_0$ et soit

$$ds^2 = H_1^2\,d\rho_1^2+H_2^2\,d\rho_2^2+H_3^2\,d\rho_3^2$$

le carré de l'élément linéaire de l'espace. On aura sur σ

$$(1)\qquad \frac{1}{H_1^2}\left(\frac{\partial V}{\partial \rho_1}\right)^2+\frac{1}{H_2^2}\left(\frac{\partial V}{\partial \rho_2}\right)^2=2\,P+h, \qquad \frac{\partial V}{\partial \rho_3}=0,$$

P étant une fonction donnée de ρ_1 et ρ_2. Supposons qu'on sache intégrer

l'équation (1), alors on connaît une fonction $v_0(\rho_1 \rho_2)$ qui la satisfait. V sera déterminé par les conditions

$$V = v_0, \qquad \frac{\partial V}{\partial \rho_3} = 0$$

qui se vérifient sur σ. En effet toute fonction harmonique est définie si l'on connaît sur une surface ses valeurs et celles de sa dérivée normale.

De cette manière est défini un mouvement, *au moins dans le voisinage de* σ, où cette surface est une surface de discontinuité. Le problème est séparé en deux parties : d'abord déterminer v_0 et après déterminer V.

Considérons un point matériel M, ayant l'unité de masse, contraint à rester sur la surface σ sans frottement et sujet à des forces dont le potentiel est P.

On sait que le mouvement de M est connu si l'on sait intégrer l'équation (1) et réciproquement. On aura donc la proposition suivante : *si l'on sait résoudre le problème du mouvement d'un point matériel contraint à rester sur la surface* σ *sans frottement et sujet à des forces dont le potentiel est* P *on connaîtra un jet liquide ayant* σ *comme surface de discontinuité*. Il faut bien s'entendre sur ce point : que l'on aura un mouvement qui existera dans le voisinage de σ.

Pour calculer V, v_0 étant obtenu, on pourra poser

$$V = v_0 + \rho v_1(\rho_1, \rho_2) + \rho^2 v_2(\rho_1, \rho_2) + \rho^3 v_3(\rho_1, \rho_2) + \ldots, \tag{2}$$

où $\rho = \rho_3 - \rho_0$, v_1 étant nul et $v_2, v_3, \ldots$ pouvant être déterminés de proche en proche. L'existence du mouvement sera assurée où la série précédente et son prolongement seront valables.

Mais même en ne faisant pas ce calcul on peut avoir des propositions comme les suivantes :

Les lignes de courant sur σ *sont les trajectoires du point* M, et si P est négligeable et la pression est constante, *les lignes de courant sur* σ *sont des lignes géodésiques de cette surface et les molécules liquides les parcourent avec vitesse constante.*

Il est intéressant d'examiner des cas dans lesquels on peut calculer v_0 et l'on peut avoir une idée du mouvement et de la forme approximative des frontières rigides qui limitent le liquide sans besoin de calculer V par un développement en série.

Par exemple si σ est une surfaee de révolution, et P est constant sur les parallèles, on peut déterminer v_0 par des quadratures en employant la méthode Hamilton-Jacobi. On trouve ainsi que le mouvement du liquide est résultant

d'un mouvement symétrique par rapport à l'axe de révolution de σ et d'une *circulation* autour de cet axe, Dans ce dernier mouvement chaque molécule tourne autour de l'axe sans qu'on ait des tourbillons. On trouve dans ce cas que le liquide est limité : 1° par la surface de révolution σ qui constitue la surface de discontinuité séparant le liquide d'un fluide en repos; 2° par une paroi rigide qui est aussi une surface de révolution et 3° par des surfaces par lesquelles entre et sort le liquide.

Lorsque l'épaisseur de la couche liquide comprise entre σ et la paroi rigide est mince, on peut calculer la forme de la paroi rigide d'une manière approximative avec beaucoup de facilité.

Le cas où σ est une sphère a un intérêt particulier. Alors on peut faire les calculs, même si l'on ne suppose pas que la couche soit mince, sans besoin de recourir à la série (2), par un procédé où l'on emploie la transformation par rayons réciproques et une formule que j'ai donnée en 1894 [1].

On peut expliquer, par ces procédés, certaines particularités qu'on remarque lorsqu'un entonnoir rempli de liquide se vide.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Formation et emploi des fonctions de Green dans l'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles d'ordre quelconque à caractéristiques imaginaires.* Note de M. **Maurice Gevrey.**

1. Soit une équation aux dérivées partielles d'ordre $2p$, dont les caractéristiques sont imaginaires dans une région R. Envisageons une solution u assujettie à vérifier, ainsi que certaines de ses dérivées, p conditions linéaires sur la frontière S d'un domaine D *intérieur* à R. Nous pouvons appeler, d'une manière générale, *fonction de Green* une fonction des deux points Π et P, $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'équation *adjointe* $\mathcal{F}(v) = 0$ relativement à Π et qui, par une simple application de la *formule fondamentale*, donne la valeur de u en tout point P de D. A chaque genre de problème aux limites correspondra ainsi une fonction $\mathcal{G}$ vérifiant elle-même, quand Π est sur S, des conditions aux limites appropriées.

---

(1) *Rivista di Matematica*, Torino, 1894.

Dans diverses Notes antérieures ([1]) nous avons étudié le cas des équations du second ordre et des équations d'ordre $2p$ admettant une famille de caractéristiques imaginaires multiple d'ordre p : $\mathcal{G}$ est solution d'une *équation de Fredholm* de seconde espèce, de sorte que la résolution des problèmes aux limites se ramène *uniquement* à celle d'une équation intégrale.

Nous allons maintenant former $\mathcal{G}$ dans le cas le plus général des équations linéaires à caractéristiques imaginaires décomposables.

Posons $P\Pi = r$. S'il y a m variables, les dérivées de $\mathcal{G}$ doivent se comporter, pour $r = 0$, comme celles de r^{2p-m} si $2p - m$ est impair ou < 0, et comme celles de $r^{2p-m}\mathcal{L}r$ si $2p - m$ est pair et $\geqq 0$. Pour avoir $\mathcal{G}$, nous formerons d'abord une fonction *auxiliaire* $V(\Pi, P)$ définie dans $\mathcal{R}$, vérifiant les mêmes conditions que $\mathcal{G}$ quand Π vient en P ou sur S et telle que $\mathcal{F}(V)$ admette pour $r = 0$ un pôle d'ordre $< m$. Nous écrirons alors ($\mathcal{R}$ désignant soit R, soit D)

$$\mathcal{G}(\Pi, P) = \int_{\mathcal{R}} V(\Pi, M)\,\varphi(M, P)\,d\omega_M, \tag{1}$$

$d\omega_M$ étant l'élément de domaine entourant M. La condition $\mathcal{F}(\mathcal{G}) = 0$ nous donnera ensuite, pour déterminer φ, l'équation de Fredholm

$$\varphi(\Pi, P) + \int_{\mathcal{R}} K(\Pi, M)\,\varphi(M, P)\,d\omega_M = \psi(\Pi, P), \tag{2}$$

dans laquelle K et ψ ont un pôle d'ordre $< m$ quand M ou P viennent en Π.

La recherche de $\mathcal{G}$ est ainsi ramenée à celle de la fonction auxiliaire V.

2. Commençons par l'exemple le plus simple. Désignons par $\mathcal{D}$ le symbole $\alpha\frac{\partial^2}{\partial x^2} + 2\beta\frac{\partial^2}{\partial x\,\partial y} + \gamma\frac{\partial^2}{\partial y^2}$, α, β, γ étant supposés d'abord constants ($\alpha\gamma - \beta^2 > 0$), et envisageons l'équation du quatrième ordre $\Delta\mathcal{D}u = 0$, dont la *solution fondamentale* ([2]) est

$$\int_{\mathcal{R}} \mathcal{L}r(\Pi, M)\,\rho(M, P)\,d\omega_M,$$

en posant

$$\rho(\Pi, P) = \mathcal{L}[\gamma(\xi - x)^2 - 2\beta(\xi - x)(\eta - y) + \alpha(\eta - y)^2].$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 610 et 839; t. 176, 1923, p. 761 et 1445. S'y reporter pour certaines notations.

([2]) Voir à ce sujet un Mémoire du regretté E.-E. Levi dans les *Rendiconti di Palermo*, 1907.

Soit à déterminer u, connaissant sur S ses valeurs et celles de sa dérivée normale. Nous introduirons l'expression $r_1^2 = r^2 + 4d_1\delta$, que nous avons utilisée antérieurement (t. 173, p. 761) (1) et que nous définirons plus loin dans le cas général. Nous prendrons alors pour fonction auxiliaire

$$V(\Pi, P) = \int_{\mathfrak{R}} \left(\mathfrak{L}r - \mathfrak{L}r_1 - 2\delta \frac{\partial \mathfrak{L} r_1}{\partial n} \right) \varphi(M, P)\, d\omega_M,$$

r et r_1 étant envisagés, dans l'intégrale, par rapport aux points Π et M.

La généralisation est aisée : soit l'équation d'ordre $2p$ à deux variables

$$(3) \qquad \Delta \mathbb{O}_2 \ldots \mathbb{O}_p u + \sum b_{ik} \frac{\partial^{i+k} u}{\partial x^i \partial y^k} + c = 0 \qquad (i + k < 2p),$$

les $\mathbb{O}$ ayant toujours la même forme, mais avec des coefficients fonctions de $P(x, y)$ ainsi que les b et c. Nous cherchons la solution *u donnée sur* S, *ainsi que ses $p-1$ premières dérivées normales*. Si nous posons, pour la symétrie des notations, $\mathfrak{L}r(\Pi, M_1) = \varphi_1$ et $\mathfrak{L}r_1 = \varphi'_1$, nous aurons ici

$$(4) \quad V(\Pi, P) = \int_{\mathfrak{R}} \left(\varphi_1 - \varphi'_1 + \lambda_1 \delta \frac{\partial \varphi'_1}{\partial n} + \ldots + \lambda_{p-1} \delta^{p-1} \frac{\partial^{p-1} \varphi'_1}{\partial n^{p-1}} \right) \varphi_2(M_1, M_2)\, d\omega_{M_1}$$
$$\times \int_{\mathfrak{R}} \ldots \int_{\mathfrak{R}} \varphi_{p-1}(M_{p-2}, M_{p-1})\, \varphi_p(M_{p-1}, P)\, d\omega_{M_{p-1}},$$

les λ étant des coefficients faciles à calculer.

3. Soit maintenant l'équation à m variables

$$\mathbb{O}_1 \mathbb{O}_2 \ldots \mathbb{O}_p u + \sum b_{k_1 \ldots k_m} \frac{\partial^{k_1 + \ldots + k_m} u}{\partial x_1^{k_1} \ldots \partial x_m^{k_m}} + c = 0 \qquad (k_1 + \ldots + k_m < 2p),$$

où $\mathbb{O}_q$ désigne le symbole $\Sigma a_{ik}^{(q)} \dfrac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_k}$ $(i, k = 1, \ldots, m)$, les formes $\Sigma a_{ik}^{(q)} X_i X_k$ étant définies et positives et les coefficients a, b, c fonctions de $P(x_1, \ldots, x_m)$. Posons

$$\mathfrak{I}_q = \Sigma A_{ik}^{(q)}(\Pi)(\xi_i - x_i)(\xi_k - x_k),$$

$A_{ik}^{(q)}$ étant le mineur de $a_{ik}^{(q)}$ dans le déterminant. Nous choisirons un des symboles $\mathbb{O}$, par exemple $\mathbb{O}_1$, pour lui faire jouer le même rôle que Δ dans l'équation (3) et, en supposant le déterminant des $a_{ik}^{(1)}$ égal à *un*, nous poserons (2)

$$\mathfrak{I}'_1 = \mathfrak{I}_1 + 4\sigma \left[\sigma + (x_1 - \xi_1) \frac{\partial \sigma}{\partial \xi_1} + \ldots + (x_m - \xi_m) \frac{\partial \sigma}{\partial \xi_m} \right],$$

(1) Rappelons que r_1 peut désigner la distance de P à l'*image* de Π et δ la distance de Π à S. On peut aussi se servir de r_2, que nous avons également défini (*loc. cit.*).

(2) On peut aussi utiliser la fonction $\mathfrak{I}_1 + 4s\sigma$, avec $s = \sigma(P)$. Sur la formation de s et σ, voir les *Comptes rendus*, t. 171, p. 612.

la fonction $\sigma(\Pi)$ s'annulant sur S ainsi que $\Sigma a_{ik}^{(1)}(\Pi)\frac{\partial\sigma}{\partial\xi_i}\frac{\partial\sigma}{\partial\xi_k} - 1$. A chaque fonction $\mathfrak{S}$ correspondra une fonction $\nu(\Pi, P)$, égale à $\mathfrak{S}^{1-\frac{m}{2}}$ (ou à $\mathfrak{L}\mathfrak{S}$ pour $m = 2$). Cela posé, nous mettrons la fonction auxiliaire V sous une forme entièrement analogue à (4), σ remplaçant δ et n désignant la *conormale* relative à S et à $\mathfrak{D}_1$. Les équations (1) et (2) nous donneront alors la fonction de Green résolvant le même problème aux limites que plus haut, mais cette fois avec m dimensions.

Nous supposons les a_{ik} dérivables jusqu'à l'ordre $2p$ (sans que ce soit nécessaire). De même S ne peut être absolument quelconque. Nous ne pouvons entrer dans le détail de ces hypothèses, dont nous avons déjà parlé. D'une manière générale, cette méthode nous donnera la fonction de Green correspondant au cas où l'on connaît, sur S, p relations linéaires entre u et ses dérivées des $2p-1$ premiers ordres.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles applications techniques des équations intégrales.* Note (¹) de M. **F.-H. van den Dungen**, transmise par M. Émile Borel.

1. *Vibrations d'une poutre.* — Lorsqu'une poutre subit des vibrations transversales, les forces et les couples locaux ou répartis qui la sollicitent sont

$$f_s = -\frac{p_s}{g}\frac{\partial^2 y_s}{\partial t^2}, \qquad F_h = -\frac{P_h}{g}\frac{\partial^2 y_h}{\partial t^2},$$
$$c_s = +\frac{p_s}{g}\frac{r^2}{4}\frac{\partial^2 y'_s}{\partial t^2}, \qquad C_h = \frac{I_h}{g}\frac{\partial^2 y'_h}{\partial t^2};$$

on se reportera aux explications que nous avons données dans notre Note (²), pour les notations et les conventions de signes utilisées.

Nous nous bornerons à étudier les vibrations d'ensemble de la pièce; nous supposerons que le déplacement y est une fonction sinusoïdale du temps, de période $2\pi\alpha^{-1}$. Il s'ensuit que

$$f_s = \frac{p_s}{g}\alpha^2 y_s, \qquad F_h = \frac{P_h}{g}\alpha^2 y_h,$$
$$c_s = -\frac{p_s}{g}\frac{r^2}{4}\alpha^2 y'_s, \qquad C_h = -\frac{I_h}{g}\alpha^2 y'_h.$$

Ces valeurs, introduites dans l'équation (2) de la Note précitée, nous

(¹) Séance du 24 septembre 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 243.

conduisent à une équation intégrale de paramètre α^2; cette équation diffère de celle que nous avons obtenue pour les vitesses critiques par le signe ou la grandeur des couples C et c.

Lorsque les couples sont négligeables, il y a identité entre les vitesses critiques ω et les pulsations α. Lorsque la pièce n'est soumise qu'à des efforts locaux (c et f nuls), les pulsations α sont en nombre $2n$, n désignant le nombre de points où s'appliquent des efforts; les vitesses critiques ω sont en nombre $2n-m$, m désignant le nombre de couples C dont le facteur $I_1 - I$ est positif. Dans le cas général, tous les nombres caractéristiques de l'équation intégrale des pulsations sont réels et positifs; d'autre part, si l'équation intégrale des vitesses critiques n'a que des nombres caractéristiques réels, il n'y en a que quelques-uns qui sont positifs. Ainsi un rotor ne possède qu'un nombre fini de vitesses critiques (¹), tandis qu'il présente une infinité de pulsations vibratoires.

Il est aisé de voir que l'on peut calculer la première pulsation au moyen d'une formule analogue à celle de Dunkerley; la période correspondante sera donnée par

$$T^2 = \Sigma T_i^2 + T_i'^2,$$

les périodes T_i et T'_i, toutes deux réelles, correspondant au cas où la pièce n'est soumise qu'aux $i^{\text{èmes}}$ forces et couples.

On appliquera également, avec succès, la méthode que nous avons exposée précédemment pour le calcul des diverses pulsations, grâce à l'emploi des approximations successives.

2. *Flambement des poulies.* — Les équations intégrales nous semblent devoir jouer également un rôle important dans la théorie générale du flambement, qu'il s'agisse d'une poulie simple ou d'un treillis, même hyperstatique. Désignons par N l'effort longitudinal, supposé positif s'il s'agit d'une traction; à l'effet des forces et couples extérieurs ordinaires s'ajoute, par suite du flambement, un couple réparti

$$c_s = N g'_s;$$

comme le théorème de Betti-Boussinesq-Levy est encore applicable, on aura [équation (2), p. 243 de ce Tome]

$$y = f(x) + \int_0^l N y'_s \beta_{xs}\, ds.$$

(¹) En pratique, une vingtaine, au maximum; il est essentiel de remarquer que ces conclusions exigent que les couples centrifuges C et c ne soient pas nuls.

Faisons varier l'effort N en chaque point dans un rapport constant ν, il y aura flambement lorsque ν sera un nombre caractéristique de l'équation intégrale

$$y'_x = \nu \int_0^l \delta_{xs} \mathrm{N} y'_s \, ds.$$

On retrouve ainsi aisément les formules d'Euler et l'étude des solutions approchées conduit, à nouveau, à une formule analogue à celle de Dunkerley et aux méthodes d'approximations successives : on justifie de cette façon, dans les cas les plus généraux, le procédé de Vianello (1), pour calculer la première charge critique.

3. *Stabilité des rotors.* — La viscosité des fluides réels a pour conséquence que l'on peut étudier la stabilité des rotors, en vertu des théorèmes de Tait et Thomson, en supposant que les forces centrifuges et d'inertie agissent seules : il y aura stabilité tant que les petits mouvements seront sinusoïdaux. On a, dès lors,

$$f_s = \frac{p_s}{g}(\omega^2 + \alpha^2), \qquad \mathrm{F}_h = \frac{\mathrm{P}_h}{g}(\omega^2 + \alpha^2),$$

$$c_s = \frac{p_s}{g}\frac{r^2}{4}(\omega^2 - \alpha^2), \qquad \mathrm{C}_h = \frac{\mathrm{I}_1}{g}\omega^2 - \frac{\mathrm{I}}{g}(\omega^2 + \alpha^2);$$

on est ainsi conduit à une équation à deux paramètres ω^2 et α^2.

4. *Stabilité au flambement.* — Comme le problème précédent, ce dernier conduit à une équation à deux paramètres α^2 et ν.

5. *Flambement des rotors.* — Si l'on étudie l'influence d'un effort longitudinal sur les vitesses critiques d'un rotor, on est conduit à une équation à deux paramètres ω^2 et ν. L'étude de la stabilité de cette sollicitation conduit à une équation intégrale à trois paramètres ω^2, α^2 et ν.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries trigonométriques.*

Note (2) de M. **Antoine Zygmund**, transmise par M. Henri Lebesgue.

Dans une Note récente (3) je me suis occupé de l'extension des théorèmes de Riemann relatifs aux opérations formelles que l'on peut effectuer sur les séries trigonométriques. Ici j'étudie des propositions qui généra-

(1) *Z. V. D. I.*, 1898, p. 1436.

(2) Séance du 17 septembre 1923.

(3) *Comptes rendus*, 17 septembre 1923.

lisent celles de Riemann concernant l'unicité du développement trigonométrique et l'utilisation de ce développement.

Pour éviter des redites je renvoie parfois à une précédente Note ainsi qu'à une Note de M. Rajchmann, et j'ai numéroté en conséquence les paragraphes et égalités de la Note actuelle.

III. *Unicité du développement trigonométrique :*

1. *Les ensembles d'unicité.* — La notion d'ensemble d'unicité qui intervient dans la théorie des séries trigonométriques à coefficients tendant vers zéro (nous les appellerons pour abréger les ensembles U_1) peut être généralisée. Nous appelons du type « U_2 » tout ensemble E vérifiant le théorème suivant :

« Pour que les coefficients de la série (1) de ma Note précédente soient tous nuls, il suffit :

1° Que la série (6) converge et représente une fonction continue;

2° Que l'on ait partout

$$\liminf_{r \to 1} (1-r)|p(r, x)| = 0; \tag{7}$$

3° Que l'on ait partout, *sauf peut-être dans* E,

$$\lim_{r \to 1} p(r, x) = 0. \text{ »} \tag{8}$$

Nous démontrerons les théorèmes suivants :

2. Si les ensembles $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ sont tous du type U_1 — resp. U_2 — : l'ensemble somme $E_1 + E_2 + \ldots$ est aussi du type U_1 — resp. U_2.

3. Tout point isolé [dans $(0, 2\pi)$] peut être considéré comme un ensemble U_2.

4. Corollaire. — *Généralisation d'un théorème de M. Ch. de la Vallée Poussin :*

Tout ensemble dénombrable est du type U_2.

5. *Corollaire du théorème III_3 de la Note de M. Rajchman. Théorème de Mlle Nina Bary* (cf. *Fundamenta Mathematicæ*, IV, « Rectification et addition » de M. Rajchman). — Tout ensemble formé par la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles du type (H) est un ensemble (U_1).

6. En abandonnant l'hypothèse (7) et ne conservant que l'hypothèse relative à la série (6), nous pouvons démontrer les résultats suivants :

a. Si l'égalité (8) est remplie partout, tous les a_n et b_n sont nuls.

b. Si l'égalité (8) est remplie partout, *sauf en un point* $x = x_0$, la

série (1) est nécessairement de la forme

$$\frac{C}{2} + C\sum_{n=1}^{\infty}\cos n(x - x_0) \qquad (C = \text{const. arbitraire}). \tag{9}$$

c. Il est aisé de généraliser le théorème *b* en passant d'un seul point exceptionnel à un ensemble fini de points; les conclusions *a* et *b* subsistent si l'égalité (8) n'est remplie que presque partout, pourvu que les limites d'indétermination de $p(r, x)$ pour $\nu \to 1$ soient finies partout — respectivement partout en dehors de $x = x_0$.

IV. *Théorème de localisation.* — Si :

1° les coefficients a_n, b_n remplissent la condition

$$\lim_{n\to\infty} n^{-\gamma}\sqrt{a_n^2 + b_n^2} = 0 \qquad (\gamma > -1);$$

2° la série (6) *converge* vers une fonction continue pour $A < x < B$;

3° l'égalité (8) est vérifiée pour $A < x < B$,

la série (1) est sommable vers zéro pour $A < x < B$ par la moyenne arithmétique d'ordre γ; cette sommabilité est uniforme dans tout intervalle $(A + \eta,\ B - \eta)$ ($\eta > 0$ arbitraire); la série conjuguée à (1) est également uniformément sommable dans $(A + \eta,\ B + \eta)$, (avec somme en général différente de zéro).

V. *Généralisation d'un théorème de Riemann.* — Posons

$$A_0 = \frac{\alpha_0}{2}, \qquad A_n = a_n\cos nx + b_n\sin nx, \qquad \overline{A_n} = a_n\sin nx - b_n\cos nx \qquad (n > 0).$$

Si l'on pose

$$\varphi(x) = \text{polynome en } x + \sum_{n=1}^{\infty} A_n,$$

on aura par définition

$$\overline{\varphi(x)} = \sum_{n-1}^{\infty}\overline{A_n}.$$

Soient

$$\lim_{n\to\infty} n^{-\gamma}\sqrt{a_n^2 + b_n^2} = 0 \qquad (\gamma > -1),$$

et k un entier dépassant $\gamma + 1$; appelons $F(x)$ somme de la série obtenue par la k-uple intégration formelle de la série (1). Soit $\lambda(x)$ une fonction de période 2π possédant partout un nombre suffisant de dérivées, nulle en

dehors de l'intervalle (α, β) et égale à 1 pour

$$\alpha + \eta \leqq x \leqq \beta - \eta \left(0 < \eta < \frac{\beta - \alpha}{2}\right).$$

Dans ces conditions les suites

$$\sum_{k=0}^{n} A_n - \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta F(t)\lambda(t)\frac{d^k}{dt^k}\left[\frac{\sin\frac{2n+1}{2}(x-t)}{\sin\frac{x-t}{2}}\right]dt,$$

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{A_n} - \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta \overline{F(t)\lambda(t)}\frac{d^k}{dt^k}\left[\frac{\sin\frac{2n+1}{2}(x-t)}{\sin\frac{x-t}{2}}\right]dt$$

sont uniformément sommables pour $\alpha + \eta \leqq x \leqq \beta - \eta$ par le procédé de la moyenne arithmétique d'ordre γ; la limite généralisée de la première suite est d'ailleurs nulle.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les deux réseaux dont les deux tangentes appartiennent à des complexes linéaires et les transformations de l'équation des surfaces à courbure totale constante.* Note de M. **R. Jacques**, présentée par M. G. Kœnigs.

Il suffit d'envisager le cas où les complexes linéaires auxquels appartiennent les tangentes du réseau ont le même axe. Cet axe étant pris comme troisième axe de coordonnées les paramètres normaux ξ, η et les rotations m et n peuvent être choisis de telle manière que l'on ait

$$\xi_1\eta_2 - \xi_2\eta_1 = m = n.$$

Si l'on considère d'autre part la fonction φ définie par l'égalité

$$e^\varphi = m = n,$$

on doit avoir

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = e^{2\varphi} - e^{-2\varphi} \quad (^1).$$

Soit C un réseau correspondant aux rotations m et n considérées. Ce réseau admet une infinité de congruences harmoniques appartenant à un complexe linéaire faisant partie du faisceau déterminé par les complexes

(1) Résultats de M. Willezynski (*C. R. Académie royale de Belgique*).

donnés, et les congruences que l'on déduit par la méthode de Laplace appartiennent à des complexes analogues. On a donc ainsi une transformation permettant de déduire d'une solution φ de l'équation (1) des solutions nouvelles correspondant aux rotations des réseaux focaux des congruences considérées. Nous indiquerons rapidement comment l'on peut déterminer ces quantités.

Nous déterminerons un réseau L conjugué à la congruence formée par les premières tangentes du réseau C. Les paramètres ξ_1, ξ_2, ξ_3 de cette congruence sont solutions de l'équation

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial u \, \partial v} = \frac{1}{n} \frac{\partial n}{\partial u} \frac{\partial \xi}{\partial v} + n^2 \xi.$$

Une quatrième solution ξ permet de définir un système de réseaux conjugués parallèles pour lesquels les paramètres normaux des tangentes sont

$$|\xi_i| = \frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{\xi_i}{\xi} \frac{\partial \xi}{\partial u}, \qquad |\eta_i| = \eta_i - \xi_i \frac{\eta}{\xi} \qquad (i = 1, 2, 3)$$

et les rotations

$$\mathrm{M} = -\frac{\eta}{\xi}, \qquad \mathrm{N} = \xi \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{\eta}{\xi}\right).$$

Pour qu'il existe parmi ces réseaux un réseau Γ dont les tangentes appartiennent à des complexes linéaires, il faut que

$$|\xi_1|\,|\eta_2| - |\xi_2|\,|\eta_1| = \mathrm{MU} = \mathrm{NV},$$

U, V étant deux fonctions : l'une de la variable u, l'autre de la variable v.

L'une des relations précédentes doit être conséquence de l'autre. Il en résulte que les fonctions U, V se réduisent à des constantes et l'on obtient ainsi le système complet

$$\frac{\partial \xi}{\partial u} = \frac{1}{n} \frac{\partial n}{\partial u} \xi + \lambda \frac{\eta}{n}, \qquad \frac{\partial \eta}{\partial u} + n \, \xi,$$
$$\frac{\partial \xi}{\partial v} = n \, \eta, \qquad \frac{\partial \eta}{\partial v} = \frac{1}{\lambda} \frac{\xi}{n} + \frac{1}{n} \frac{\partial n}{\partial v} \eta.$$

La fonction θ étant définie par la relation

$$e^{\theta} = \sqrt{\lambda}\, \mathrm{M},$$

on obtient aisément

$$\frac{\partial\theta}{\partial u} + \partial u = \sqrt{\lambda}\,\mathrm{sh}(\theta - \varphi),$$

$$\frac{\partial\theta}{\partial v} - \frac{\partial\varphi}{\partial v} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}\,\mathrm{sh}(\theta + \varphi);$$

θ est solution de l'équation (1). On retrouve donc ainsi la transformation connue de Bäcklund.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Principe de stationarité et généralisations de la loi de Mendel.* Note (1) de M. **Serge Bernstein**, transmise par M. Émile Borel.

Soit H un groupe contenant n classes $A_1, A_2, \ldots, A_n$ d'individus.

D'après le principe de stationarité énoncé dans ma Communication précédente (2), toute loi d'hérédité bisexuelle sera déterminée par n formes quadratiques (3)

$$f_1(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n), \quad \ldots, \quad f_n(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$$

à n variables, ayant leurs coefficients non négatifs, satisfaisant aux équations fonctionnelles

$$(1)\quad \begin{cases} (\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n)^2 f_1(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n) = f_1[f_1(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n), \ldots, f_n(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)], \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ (\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n)^2 f_n(\alpha_1, \ldots, \alpha_n) = f_n[f_1(\alpha_1, \ldots, \alpha_n), \ldots, f_n(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)] \end{cases}$$

et à la condition

$$f_1 + f_2 + \ldots + f_n = (\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n)^2.$$

Supposons d'abord *qu'aucun des coefficients des formes f_i ne soit nul*, c'est-à-dire *que chaque paire d'individus soit capable de donner naissance à un individu de classe quelconque. Dans ces conditions*, *on a nécessairement*

$$(2)\qquad f_i = \lambda_i(\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n)^2,$$

---

(1) Séance du 10 septembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 528.

(3) Dans le cas de la reproduction *unisexuelle*, les formes f_i sont *linéaires* et elles sont nécessairement de la forme $\lambda_i(\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n)$; en ce cas, *la distribution permanente réalisée dès la seconde génération est indépendante de la distribution primitive.* La même conclusion s'applique lorsque le nombre des classes est infiniment grand (les formes linéaires sont remplacées par des intégrales).

où $\sum_1^n \lambda_i = 1$: en d'autres termes, *la probabilité pour un individu d'appartenir à une classe déterminée est la même, quels que soient ses parents.* On peut dire que, dans ce cas, les différentes classes ne se distinguent que par leurs propriétés *somatiques* (extérieurement), mais sont identiques au point de vue *génétique*, de sorte que *le groupe* H *ne forme, au fond, qu'une seule race pure polymorphe.*

Admettons à présent qu'au contraire, certains des coefficients des f_i sont nuls; d'une façon plus précise, supposons, premièrement, que A_1 et A_2 sont deux races pures distinctes (en d'autres termes, le terme en α_1^2 ne figure que dans f_1 et le terme en α_2^2 ne se trouve que dans f_2) et, secondement, toutes les autres classes sont des hybrides qui s'obtiennent par le croisement mutuel ([1]) des classes A_1 et A_2 (en d'autres termes, le produit $\alpha_1 \alpha_2$ n'intervient ni dans f_1, ni dans f_2, mais entre nécessairement dans toutes les autres formes f_i.

Cela étant, *les équations* (1) *n'admettent que deux genres de solutions :*

1° *Genre mendelien.* — Deux individus d'une même classe hybride quelconque peuvent par leur croisement donner naissance à un individu de l'une au moins des deux races pures (en d'autres termes, les coefficients de α_i^2, où $i > 2$, sont différents de O au moins dans une des formes f_1 ou f_2). *Dans ce cas, on doit avoir*

$$f_1 = \left[\alpha_1 + \frac{1}{2}(A_3\alpha_3 + \ldots + A_n\alpha_n)\right]^2, \qquad f_2 = \left[\alpha_2 + \frac{1}{2}(B_3\alpha_3 + \ldots + B_n\alpha_n)\right]^2,$$

et, pour $i > 2$,

$$(3) \qquad f_i = 2c_i\left[\alpha_1 + \frac{1}{2}(A_3\alpha_3 + \ldots + A_n\alpha_n)\right]\left[\alpha_2 + \frac{1}{2}(B_3\alpha_3 + \ldots + B_n\alpha_n)\right],$$

les coefficients positifs c_i *et les nombres négatifs* A_i et B_i *satisfaisant aux n conditions*

$$\Sigma c_i A_i = \Sigma c_i B_i = 1, \qquad A_i + B_i = 2.$$

Il y a lieu de remarquer que les formules (3) ne se distinguent pas essentiellement des formules (8) de ma Communication précédente qui correspondent à la loi élémentaire de Mendel (pour $n = 3$), de sorte qu'un observateur qui ne saurait pas distinguer par leurs propriétés exté-

([1]) D'après ma Communication précédente cette dernière condition entraînerait à elle seule la loi de Mendel, si la classe hybride était unique.

rieures les différentes classes hybrides pourrait facilement confondre ce cas avec le cas classique de Mendel, surtout si les coefficients A_i et B_i étaient voisins de l'unité.

2, *Genre « en quadrille »*. — Il existe une classe hybride, telle que le croisement de deux individus de cette classe est incapable de reproduire un individu d'une des deux races pures primitives (en d'autres termes, il existe des valeurs de i telles que le terme en α_i^2 manque à la fois dans f_1 et f_2).

Dans ce cas, on doit avoir

$$f_1 = (\alpha_1 + \alpha_3 + \ldots + \alpha_k)(\alpha_1 + \alpha_{k+1} + \ldots + \alpha_n),$$
$$f_2 = (\alpha_2 + \alpha_3 + \ldots + \alpha_k)(\alpha_2 + \alpha_{k+1} + \ldots + \alpha_n)$$

et pour $2 < i \leqq k$, où k est un nombre quelconque inférieur à n,

$$f_i = c_i(\alpha_1 + \alpha_3 + \ldots + \alpha_k)(\alpha_2 + \alpha_3 + \ldots + \alpha_k),$$

tandis que, pour $k < i \leqq n$,

$$f_i = d_i(\alpha_1 + \alpha_{k+1} + \ldots + \alpha_n)(\alpha_2 + \alpha_{k+1} + \ldots + \alpha_n),$$

avec

$$\sum_3^k c_i = \sum_{k+1}^n d_i = 1.$$

J'ai appelé ce genre de loi d'hérédité *en quadrillé*, car pour $n = 4 (k = 3)$, les classes A_1 et A_2, d'une part, et les classes A_3 et A_4 d'autre part, forment deux couples jouissant de propriétés mutuelles absolument semblables : ainsi A_3 et A_4, *qui sont des races provenant du croisement de* A_1 *avec* A_2, *constituent des races hybrides constantes telles que le croisement de deux individus de la race* A_3 *donne toujours naissance à un individu de la même race* (de même pour A_4) : *ces deux races sont aussi des races pures, mais le croisement mutuel de* A_3 *et* A_4 *conduit à des individus* A_1 *et* A_2 *qui sont aussi des hybrides constants par rapport aux races* A_3 *et* A_4. Ce genre de loi d'hérédité qui est irréductible au genre mendelien permettrait, peut-être, d'expliquer certaines expériences, incompatibles avec la loi de Mendel, où l'on a vu (M. de Vries) surgir en même temps deux nouvelles races pures par le croisement de deux autres races pures distinctes. Le cas de $n > 4$ se rattache au cas simple de $n = 4$, comme le genre mendelien général se rattache à la loi élémentaire de Mendel pour $n = 3$.

Avant de terminer, remarquons que l'hérédité de propriétés complexes ou de combinaisons de propriétés ne peut satisfaire au principe de stationarité. Ce n'est qu'après plusieurs générations qu'un régime stationnaire

tendra à s'établir et sera déterminé par la distribution stationnaire, fixée dès la seconde génération, de chacune des propriétés élémentaires, combinées conformément au théorème de la multiplication des probabilités : ainsi les propriétés dont la distribution dans *une panmixie normale* ne se fixerait pas dès la seconde génération devraient être considérées comme complexes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur certaines étoiles dont le mouvement est parallèle et égal à celui du Soleil.* Note [1] de MM. **P. Stroobant** et **P. Bourgeois**, transmise par M. Deslandres.

M. Stroobant a montré que certaines étoiles : β et α Persei, α Scorpii, γ Cygni, ε et α Pegasi, ont un mouvement qui diffère peu en grandeur et en direction de celui du Soleil [2].

M. Dziewulski [3] a ajouté à ce groupe quelques étoiles, notamment : γ Pegasi, 99*b* Herculis et α Serpentis.

Dans une étude récente sur le mouvement dans l'espace de 200 étoiles situées à une distance moindre que 50 parsecs, M. Bourgeois a rencontré quelques étoiles, non encore indiquées dans les recherches précédentes, et qui font partie du même courant.

L'ensemble des 200 étoiles a donné pour le mouvement du Soleil une vitesse de $29^{km},4$ et un apex dont les coordonnées équatoriales sont :

$$\alpha = 274^\circ, \qquad \delta = +38^\circ.$$

Les étoiles appartenant à ce courant sont au nombre de sept et le mouvement de l'une d'elles, α Scorpii, avait déjà été considéré par MM. Stroobant et Dziewulski.

Le Tableau ci-après renferme les noms, les coordonnées, la parallaxe, le mouvement propre et la vitesse radiale, par rapport au Soleil, de ces étoiles.

---

(1) Séance du 17 septembre 1923.

(2) *Bulletin astronomique*, t. 27, 1910, p. 433-440.

(3) *Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie*, série A, 1915, p. 185-187.

TABLEAU I.

1900.

Nos.	Noms.	α.	δ.	π.	$\Delta\alpha.\cos\delta$.	$\Delta\delta$.	$\Delta\rho$.
		h m	° ′	″	″	″	km
1.	ν Piscium.....	1.36	+ 4.59	0,050	—0,021	+0,001	+0,7
2.	48 Cassiopeiæ..	1.53	+70.25	0,031	—0,128	+0,006	—3,0
3.	α_1 Crucis......	12.21	—62.33	0,05	—0,035	—0,031	+7,0
4.	ξ Booti.......	14.46	+19.31	0,200	+0,130	—0,106	+4,4
5.	α Scorpii......	16.23	—26.13	0,025	—0,006	—0,033	—3,1
6.	σ Sagittarii...	18.49	—26.25	0,072	+0,008	—0,066	—1,0
7.	ρ_1 Sagittarii...	19.15	—18. 2	0,044	—0,024	+0,020	+2,0

En prenant trois axes rectangulaires, x, y, z, dont les directions positives sont celles des points

$$\begin{cases} \alpha = 0°, \\ \delta = 0°, \end{cases} \qquad \begin{cases} \alpha = 90°, \\ \delta = 0°, \end{cases} \qquad \delta = +90°,$$

et en nommant ρ la distance des étoiles, prenant pour unité 10000 fois la distance de la Terre au Soleil, les données du Tableau I fournissent les nombres qui figurent dans le Tableau II ci-dessous :

TABLEAU II.

Noms.	ρ.	Δx.	Δy.	Δz.
		km	km	km
ν Psc.................	413	1,4	—1,5	0,1
48 Cas.................	665	1,5	—6,7	—2,5
α_1 Cru.................	413	—0,8	1,5	—6,6
ξ Boo.................	103	—1,8	—5,5	—0,9
α Sco.................	825	1,2	5,5	—4,2
σ Sgr.................	286	—0,1	2,9	—3,4
ρ_1 Sgr.................	468	—1,5	—3,2	1,4

En rapportant le mouvement relatif des étoiles non à des coordonnées équatoriales, mais à trois autres axes rectangulaires : l'axe $O\xi$ dirigé vers l'apex du Soleil, l'axe $O\eta$ suivant l'intersection du plan perpendiculaire à la direction du Soleil (plan parallactique) et du plan galactique et l'axe $O\zeta$ dans le plan parallactique à 90° de l'axe $O\eta$, on obtient pour les coordonnées ξ, η, ζ, exprimées à l'aide de la même unité que ρ dans le Tableau précédent, et pour leurs accroissements en km : sec, les valeurs ci-dessous :

TABLEAU III.

Noms.	ξ.	η.	ζ.	$\Delta\xi$.	$\Delta\eta$.	$\Delta\zeta$.
				km	km	km
ν Psc	−88,8	221,3	−328,2	1,32	−0,44	−1,51
48 Cas	313,6	586,3	−13,7	3,81	−5,48	−2,98
α_1 Cru	−222,4	−337,5	85,5	−5,28	−4,24	−0,72
ξ Boo	67,8	−33,8	69,7	3,67	−4,50	0,75
α Sco	289,4	−764,9	107,1	−6,83	0,53	−1,48
σ Sgr	121,4	−173,5	−118,2	−4,37	−0,81	0,38
ρ_1 Sgr	249,9	−321,5	−230,7	3,30	−1,32	1,37

La vitesse A de l'étoile dans l'espace, suivant la direction de l'apex, s'obtiendra en appliquant la correction $\Delta\xi$ au déplacement du Soleil : $29^{\text{km}},4$.

La direction du mouvement de l'étoile sera défini par ce que nous nommerons la longitude et la latitude parallactique (P et p) qui peuvent être calculées par les formules :

$$\tang P = \frac{\Delta\eta}{\Delta\zeta}, \qquad \tang p = \frac{A}{\sqrt{\overline{\Delta\eta}^2 + \overline{\Delta\zeta}^2}};$$

ces quantités sont données dans le Tableau IV, qui renferme également la grandeur stellaire et le type spectral suivant la classification de Harvard, pour chacune des étoiles.

TABLEAU IV.

Noms.	A.	p.	P.	m.	Sp.
	km	o	o	m	
ν Psc	30,7	87,1	253,8	4,7	K0
48 Cas	33,2	79,4	208,6	4,6	A3
α_1 Cru	24,1	79,9	189,6	1,6	B1
ξ Boo	33,1	82,2	170,5	4,6	G5
α Sco	22,6	86,0	289,7	1,2	Map
σ Sgr	25,0	87,9	154,9	2,1	B3
ρ_1 Sgr	32,7	86,7	133,9	3,9	F

Un mouvement rigoureusement parallèle à celui du Soleil serait défini par $p = 90°$ et l'on voit, par les données ci-dessus, que plusieurs de nos étoiles remplissent presque exactement cette condition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation lente d'une combinaison définie dans des cristaux mixtes.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

En étudiant l'influence des constitutions sur les propriétés thermiques des mélanges binaires, nous avons rencontré pour le couple benzylidène-aniline et anisylidène-aniline

$$(C^6H^5 - CH = N - C^6H^5 \quad \text{et} \quad CH^3 - O - C^6H^4 - CH = N - C^6H^5)$$

des anomalies sur lesquelles il nous paraît bon d'attirer l'attention.

Le refroidissement lent des binaires donne presque toujours lieu, pour une température définie θ_0, à l'apparition d'un léger trouble, qui ne grandit plus sensiblement avant le déclenchement d'une solidification beaucoup plus rapide, et qu'on ne peut mettre sur le compte de la formation d'un liquide anisotrope. La température θ_1 de solidification rapide est toujours bien définie, mais on ne peut parfois fixer aussi nettement la température θ_2 de solidification finissante, en particulier pour les mélanges qui contiennent de 30 à 60 pour 100 de benzylidène-aniline.

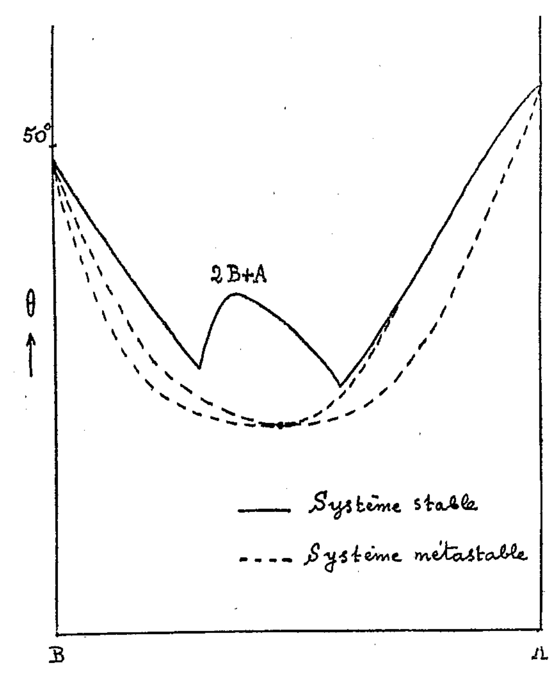
La courbe de refroidissement présente, en résumé, le palier incliné habituel, précédé d'un arrêt souvent presque indiscernable, à la température θ_0. Voici quelques chiffres observés :

Benzilidène-aniline pour 100.	Anisylidène-aniline pour 100.	θ_0.	θ_1.	θ_2.
100	0	»	49°	49°
94,12	5,88	45°	40	37,5
88,89	11,11	40	35,2	33,0
80	20	34,4	28	25
72,73	27,27	30	24,5	23
66,67	33,33	29,8	22,5	»
62,8	37,2	33,5	22	»
60	40	33	22	»
50	50	29,5	21	»
41,42	58,58	26	23	21,5
33,33	66,67	31	29,8	25
20	80	»	41	33,8
0	100	»	57	57

Pour lever l'incertitude, on a tracé les courbes de réchauffement. Les phénomènes précédents se reproduisent en sens inverse; le liquide est presque clair à la température θ_1 et ne devient tout à fait limpide qu'à θ_0.

mais le trouble qui disparaît à cette dernière température est beaucoup plus intense que précédemment; le palier de fusion est moins long que le palier de solidification, au bénéfice du petit arrêt amorcé à θ_0. Cependant la réversibilité presque parfaite des apparences exclut la possibilité d'un phénomène de supersolubilité, auquel on aurait pu songer dès l'abord.

Soupçonnant une évolution lente des cristaux mixtes, nous avons abandonné les binaires solidifiés pendant 24 heures, à la température de 16°-20°; la matière, initialement translucide, a été retrouvée opaque et contractée. Les courbes de réchauffement comportaient alors un palier incliné unique dont l'extrémité la plus nette correspondait à la température θ_0, et dont l'autre, assez floue, n'avait aucune relation avec les températures θ_1 et θ_2 qui définissaient le liquidus et le solidus de la veille.



Les valeurs θ_0 représentent donc les températures de fusion complète du système considéré comme stable; elles passent par un maximum de 33°,5, pour le mélange contenant 37,2 pour 100 d'anisylidène-aniline. Le groupe des valeurs θ_1 et θ_2 correspond au même système à l'état métastable; il présente un minimum voisin de 21° pour 45 à 50 pour 100 du même composé. La figure ci-dessus précise la situation respective des deux systèmes considérés.

On voit donc que les deux bases de Schiff donnent par refroidissement rapide une série continue de cristaux mixtes, au lieu des deux séries séparées par un eutectique, que l'on aurait attendue de leur constitution dissymétrique.

Mais les cristaux mixtes évoluent lentement avec formation du composé défini :

$$CH^3-O-C^6H^4-CH=N-C^6H^5+2C^6H^5-CH=N-C^6H^5,$$

fusible à 33°,5 avec dissociation partielle. Cette combinaison donne deux eutectiques avec ses constituants, fondant à 27°,5 pour 70 pour 100 du dérivé benzylidénique, et à 25°,5 pour 40 pour 100.

J'ajouterai que cette évolution lente de cristaux mixtes avec formation d'un composé défini ne paraît pas être une rareté dans les binaires organiques, plus fécondes qu'on ne croit en combinaisons moléculaires, et il sera prudent de contrôler cette présomption chaque fois qu'une gamme de mélanges présentera des solidus et des liquidus incertains; l'anomalie sera parfois imputable au caractère métastable et pseudo-binaire du système.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes capillaires qui se manifestent à la surface de séparation de l'eau et de l'huile de vaseline en présence des acides gras et des alcalis.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Pierre Picard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La tension superficielle qui s'exerce à la surface de séparation de l'eau et de l'huile de vaseline est abaissée par la dissolution dans l'eau des acides et des bases; mais l'abaissement produit par les alcalis même à l'état de traces devient considérable si l'huile contient une petite quantité d'acide stéarique ou oléique. Ce fait a été signalé par M. Donnan et mis à profit par l'un de nous pour établir une méthode d'acidimétrie qui a fait l'objet de communications antérieures (1).

En vue d'appliquer ce procédé à des recherches actuellement en cours, nous avons été amenés à en reprendre l'étude dans diverses conditions expérimentales. Nous exposerons seulement dans la présente Note : 1° l'influence de la carbonatation des alcalis; 2° l'action des sels alcalins dissous dans la phase aqueuse.

(1) *Comptes rendus*, mars, juin et décembre 1913; *Annales de Chimie*, janvier et février 1918.

Comme dans les premières recherches, les variations de la tension capillaire ont été suivies par la méthode du poids de la goutte. Nous avons formé les gouttes d'eau au sein de l'huile et exprimé les résultats en indiquant le volume correspondant à un nombre invariable de gouttes.

1° *Influence de la carbonatation.* — De même que les alcalis libres, les carbonates alcalins réduisent la tension mesurée, mais leur influence est bien moins accentuée. Pour le vérifier, nous avons mêlé en proportions variables des solutions de soude et de carbonate de même titre alcalimétrique total $\left(\frac{N}{600}\right)$, et nous avons fait écouler lentement les liqueurs ainsi constituées dans l'huile de vaseline. Les résultats sont consignés dans le Tableau I.

Tableau I.

Soude pour 100.	Carbonate pour 100.	Volume pour 40 gouttes.
		cm^3
100	0	1,49
80	20	1,70
50	50	1,96
20	80	2,14
10	90	2,34
0	100	3,10

Dans les mêmes conditions le volume correspondant à l'écoulement de 40 gouttes d'eau distillée était de $4^{cm^3},14$.

Nous avons de la même façon comparé l'action du carbonate neutre et du bicarbonate en mêlant en proportions variables des solutions de ces deux sels ayant même titre alcalimétrique total $\left(\frac{N}{300}\right)$. Les résultats sont inscrits dans le Tableau II.

Tableau II.

Carbonate pour 100.	Bicarbonate pour 100.	Volume pour 40 gouttes.
		cm^3
100	0	1,58
90	10	1,86
70	30	2,36
50	50	2,76
40	60	3,00
30	70	3,30
20	80	3,64
0	100	3,76

2° La présence des sels alcalins dans la phase aqueuse augmente dans

des proportions notables la sensibilité du phénomène. Pour le montrer, nous avons, à une solution à titre invariable de soude $\left(\frac{N}{600}\right)$, ajouté des quantités progressivement croissantes de chlorure de sodium et mesuré le volume correspondant à l'écoulement de 40 gouttes dans l'huile contenant 1 pour 100 d'acide oléique.

TABLEAU III.

Concentration en NaCl (en mol. par litre).	Volume pour 40 gouttes.
	cm³
0	1,20
$\frac{1}{800}$	0,98
$\frac{1}{600}$	0,89
$\frac{1}{400}$	0,80
$\frac{1}{200}$	0,60
$\frac{1}{80}$	0,20

L'influence du chlorure de sodium est tout à fait analogue dans les solutions de potasse, d'ammoniaque et de carbonate de soude; on observe d'ailleurs des résultats identiques avec d'autres sels alcalins (KCl, NO^3Na, SO^4Na^2, etc.). Il est à noter en outre que, en l'absence d'alcali, ces sels n'exercent aucune action appréciable sur la tension étudiée, du moins aux concentrations dont il s'agit.

En signalant le phénomène qui sert de point de départ à nos recherches, Donnan l'avait attribué à la formation d'une pellicule de savon à la surface de séparation de l'eau et de l'huile. Si l'on admet ce point de vue, il est naturel de présumer que les sels alcalins doivent abaisser la tension superficielle à la surface de séparation de l'huile de vaseline pure et des solutions de savon. De fait, une solution de savon au $\frac{1}{1000}$ additionnée à volume égal d'eau distillée donnait pour l'écoulement de 40 gouttes $2^{cm^3},17$. Si à la solution primitive on ajoutait au lieu d'eau distillée des solutions salines $\frac{N}{20}$, on obtenait 1,46 avec NaCl, 1,25 avec KCl et 1,32 avec SO^4Na^2.

Il paraît légitime de rattacher cette observation au phénomène connu du relargage : l'addition d'un sel qui diminue la solubilité du savon dans l'eau doit en provoquer la condensation sur la couche superficielle et accroître en conséquence son influence sur la tension capillaire.

En tout cas, ces recherches permettent d'espérer un nouveau champ d'application pour la méthode d'analyse capillaire, puisqu'il devient possible de reconnaître la présence des sels alcalins dissous dans l'eau et d'en évaluer, approximativement tout au moins, la quantité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les éthers-sels solubles de l'amidon et des acides gras supérieurs.* Note de M. **H. Gault**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note récente publiée en collaboration avec M. P. Ehrmann, j'ai indiqué un mode d'obtention d'éthers-sels cellulosiques solubles des acides gras supérieurs.

La cellulose n'est pas le seul hydrate de carbone qui se prête à l'éthérification par les chlorures d'acide en présence de pyridine et la réaction est, en particulier, applicable aux sucres et à l'amidon.

Dans le cas de l'amidon, ce sont surtout les éthers-sels des acides gras inférieurs (formique, acétique) qui ont été étudiés et l'éthérification a été effectuée le plus généralement à partir d'amidon préalablement solubilisé.

Le but de cette Note est d'exposer les conditions expérimentales dans lesquelles il convient de se placer pour obtenir à partir de l'amidon ordinaire des éthers-sels solubles des acides gras de stéarinerie, par exemple le laurate d'amidon.

On incorpore à 1 partie d'amidon ordinaire, séché à 50°, 2,5 parties de pyridine et 3 parties de toluène.

On ajoute à ce mélange 5 parties de chlorure de lauryle dissous dans le toluène et on chauffe à 100° pendant 2 heures en agitant continuellement.

La masse devient peu à peu pâteuse et homogène et la solubilisation se poursuit progressivement. Vers la fin de l'opération, on observe au contraire une séparation de matières insolubles (8 à 10 pour 100) que l'on élimine par centrifugation.

On précipite ensuite la solution toluénique par l'alcool et on purifie le produit visqueux obtenu par épuisement à l'alcool bouillant.

On obtient finalement le laurate d'amidon sous forme d'écailles ou de grains amorphes (rendement 80 pour 100).

Propriétés. — Les propriétés du laurate d'amidon ainsi préparé sont tout à fait analogues à celles du dilaurate de cellulose : le laurate d'amidon est soluble dans le benzène et les carbures aromatiques, dans le chloroforme, les dérivés halogénés de l'acétylène, etc.

Il est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone.

Il fond vers 130°.

Pas plus que les éthers cellulosiques, il n'est « inflammable ».

Ses solutions benzéniques ou chloroformiques fournissent par évaporation des pellicules translucides, mais cassantes.

Constitution. — La constitution du produit ainsi obtenu découle de son analyse élémentaire :

Dosage de carbone et d'hydrogène.

	Calculé pour $C^6H^8O^3(OOC.C^{11}H^{23})^2$.	Trouvé.
C pour 100............	68,44	68,14
H »	10,26	10,27

En calculant sur une formule monomoléculaire, c'est un dilaurate d'amidon.

GÉOPHYSIQUE. — *A propos du macrosisme japonais.* Note (1) de M. Adrien Guébhard.

Lorsque, après le dernier sisme provençal, j'en fis remarquer (2) la localisation sur une des lignes cicatricielles de déchirure de la première enveloppe solide du sphéroïde liquide originel, j'étais loin de prévoir la terrible confirmation qui se préparait quant à l'attribution d'une des causes les plus fréquentes de ces catastrophes à la continuité du remplissage sédimentaire des fosses bordières et à la nécessité consécutive de réajustements de l'équilibre de flottaison, sur la pulpe centrale, des éléments plus ou moins rigidifiés et mal ressoudés de la marqueterie lithosphérique.

C'est naturellement aux points les plus faibles des lignes d'assemblage (3), c'est-à-dire là où, par son bord le plus mince et le plus tiraillé, s'accroche à l'épine dorsale volcanique le retroussis de la toile de fond géosynclinale, appuyée plutôt qu'appendue à des flancs d'abrupts ébouleux (4), que celle-ci est prête à céder au premier excès de charge la tirant en bas.

Nulle part mieux qu'à Tokyo et Yokohama toutes ces conditions ne se trouvaient réunies. Ces deux villes, en effet, bâties en plein angle de rebroussement de deux cassures corticales des plus importantes, entre une chaîne de volcans très actifs et l'une des fosses les plus vastes du Pacifique, sur un terrain d'alluvions récentes, au bord d'un golfe où se concentrent

(1) Séance du 24 septembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1027.

(3) *Les vraies lignes directrices de l'orogénie terrestre* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 502, fig.).

(4) Voir *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 455, fig. 1, *a*, *b*. Voir aussi *Sur la notion de géosynclinal* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 498, fig.).

les apports torrentiels de démolition des hautes crêtes voisines, ne devraient-elles point, par la seule accumulation proche de tant de produits graves, attirer à elles le point d'application d'une résultante gravitationnelle tendant à l'effondrement?

Mais en dehors de ces causes normales, toutes géologiques, d'action ordinairement aussi lente qu'inéluctable, en apparaît une autre, ici, digne peut-être d'être prise exceptionnellement en considération. Si l'on songe que c'est en un demi-siècle à peine que d'insignifiants ports de pêcheurs sont devenus d'immenses cités; si l'on suppute, malgré la légèreté relative des constructions, le poids total des matériaux et des accessoires d'habitation de plusieurs millions d'âmes; si l'on essaie d'estimer, d'après les exemples *à minima* fournis par les superpositions observées de villes antiques, Rome, Carthage, Hissarlik, etc., la puissance stratificatrice et sédimentaire, non seulement des détritus de cuisine et rejets d'industrie, mais des impalpables poussières, des imperceptibles crasses de vie d'une telle population, sans doute arrivera-t-on à voir, dans ce trop brusque alluvionnement humain d'une civilisation débordante, l'appoint qui a fait chavirer la balance hydrostatique, engloutissant des îles, soulevant des raz de marée, sans laisser, peut-être, de signature, sous la forme de terrasse marine sur la lèvre de faille libérée, qui, après le premier sursaut de décrochement, peut tendre à revenir à sa position première, tandis que, sous les masses fluides, également revenues du repos et vite renivelées par l'infinité du réservoir océanique, se cachent aux yeux de l'homme les facteurs véritables de sa surprise et de sa désolation.

Encore ne s'agit-il là que d'une modalité en quelque sorte marginale du diastrophisme actuel, dont l'action géosynclinale aurait plutôt pour effet de provoquer au large, par l'écrasement et la chasse des fines argiles abyssales sous la superfétation prolongée d'épanchements sous-marins de laves denses [1], les vagues sismiques des *tsunamis* ou raz de marée qui, parfois sans prémonition terrestre, assiègent de lointains rivages, indiquant de grands déplacements de centres de gravité en profondeur et préparant lentement, mais non sans craquements superficiels le long des lignes articulaires de la carapace, les insensibles réajustements isostatiques de l'épirogénie, favorisés par la souplesse et la continuité de la couche résistante fondamentale issue du magma igné.

---

[1] *Sur le mode de déclenchement du diastrophisme cortical* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1327).

Une nouvelle reconnaissance bathymétrique des côtes et la recherche de modifications du relief plus significatives que l'éboulement littoral de Sipami ou la disparition, puis réapparition, de l'île volcanique d'Oshima permettront seules de savoir si la loi supérieure, que j'ai établie sur des données physiques élémentaires, de l'intervention fatale du temps et de la pesanteur pour la rupture intermittente du jeu continu de la sédimentation et la production cataclysmale du diastrophisme planétaire, a pu superposer son action à la multiplicité des causes locales conjurées ici pour un déclenchement paroxystique de sisme par décrochement.

SISMOLOGIE. — *Sur les tremblements de terre de France en* 1920-1921. Note (1) de M. E. **Rothé**, transmise par M. Bigourdan.

D'après les renseignements parvenus jusqu'à présent au Bureau central sismologique français, il s'est produit en 1920 neuf séismes, dont quelques-uns à secousses complexes, et six seulement en 1921, aux jours et heures ci-dessous indiqués (2) :

Dates.	Localités ou départements.	Heures (t. m. Gr.).	Degré max. obs. Échelle intle.	Région épicentrale.
1920.				
Mars 2...	Hautes-Pyrénées.	14h28m	III à IV.	Argelès-Gazost.
Avril 10...	Corrèze	23.15	IV à V	Ovale comprenant : Juillac, Pompadour, Saint-Pardoux, Lubersac.
Juin 28...	Ille-et-Vilaine et Côtes-du-Nord	1.40	V	Saint-Malo, anticlinal du Nord.
Sept. 7...	Alpes-Marit., Var et Basses-Alpes	5.56	III	Italie, Alpes apuanes, à égale distance des Monts Tindo et Sillano (dét. par M. P. Mounet).
Oct. 3...	Haute-Loire, Puy-de-Dôme, Cantal	5	V	Cuvette houillère et oligocène de Brassac-les-Mines, Auzon (Puy-de-Dôme) à Brioude, Lavaudien (Hte-Loire), failles de Brioude-Auzon (d'ap. MM. Glangeaud et Baldit).

(1) Séance du 10 septembre 1922.

(2) Les détails sur ces tremblements de terre sont publiés dans le *Bulletin du Bureau central sismologique* (*Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*).

Dates.	Localités ou départements.	Heures (t. m. Gr.).	Degré max. obs. Échelle int[le].	Région épicentrale.
1920. Oct. 18...	Hautes-Pyrénées	13^h	III à IV	Saint-Pé-de-Bigorre.
Nov. 18-19.	Pyrénées. Séries de secousses (onze dans certaines localités)	20.45 à 5.30	IV	Peut être préliminaire du suivant.
» 28-29.	Pyrénées. Secousses diverses	23.30 (principale)	V	Surface pléistociste de degré V comprise entre Quillan (Aude) et Quériguet (Ariège) (dét. par M. Mengel).
Déc. 15...	Haute-Marne	10.25	III à IV	Dammartin, canton de Montigny-le-Roi.
1921. Janv. 10...	Mayenne	0.20	V	Ellipse de grand axe suivant la ligne Laval-Monflours. — Champ de fractures de la vallée de la Mayenne (dét. par MM. Kirforne et Milon).
Mars 5...	Hautes-Pyrénées	20.45	III à IV	Région d'Argelès-Gazost, Lourdes, Cauterets, Luz.
Mai 3...	Briançon	8.23.17	IV à V	Massif de Briançon.
Août 11...	Maine-et-Loire	5	IV	Saumur. Vallée de la Loire entre le Thoureil et Saumur.
Sept. 14...	Hautes-Pyrénées	3.59.52	III	Bagnères-de-Bigorre.
Nov. 14...	Saône-et-Loire	Heure douteuse (presse)	IV à V	Entre Chagny et Montceau-les-Mines.

Ce catalogue montre que c'est la région des Pyrénées qui a présenté la plus grande sismicité (six tremblements de terre dont plusieurs à secousses multiples). Un seul, celui du 7 septembre 1920 a son épicentre hors de France; il a été destructif (degré X) en Toscane dans la région des Alpes apuanes.

Un certain nombre de ces macrosismes ont été enregistrés par les appareils des stations sismologiques françaises.

Le 3 octobre 1920, l'Observatoire du Puy de Dôme inscrit les phases

P $4^h.57^m.25^s$
S 58.50 $\Delta = 200^{km}$
L 59.50 (cuvette de Brioude)
F ?

Le séisme du 7 septembre d'Italie est enregistré par la plupart des observatoires; en France, on observe les heures suivantes :

Marseille.	Puy de Dôme.	Besançon.	Strasbourg.	Paris.
P 5h56m52s	P 5h56m50s	*e* 5h56m54s	*i*P 5h56m58s	P 5h57m31s
S 57.43	S 57.45	F 6.32	S 57.51	S 58 (53)
M 58. 5	L ?		M 6. 0.36	L 59.6
F 6.36.55	F ?		F 50	F 7.5
				S peut être à 5.58.59

Des répliques ont ensuite été enregistrées.

Le faible tremblement de la Mayenne du 10 janvier 1921 n'a été inscrit que par l'Observatoire du Parc Saint-Maur.

e 0h21m36s
F 0.22.5

Enfin le séisme de Briançon du 3 mai 1921 a été enregistré, malgré sa faible intensité, dans plusieurs stations.

Marseille.	Besançon.	Strasbourg.	Paris (Parc Saint-Maur).
P 8h23m47s	*e* 8h24m32s	*e*P 8h24m29s	*e*(P) 8h25m04s
S 24.08		*e*S 25.24	*e*S 26.03
F 26		*e*L 25.51	F 28
		F 31	

Ainsi, sur les quinze tremblements ressentis en France des degrés III à V, quatre seulement ont été inscrits et ont pu être étudiés au point de vue de la propagation des ondes.

Ceci montre l'insuffisance du réseau français. Une station nouvelle est en voie d'installation à Grenoble. Il serait indispensable d'en créer une autre dans la région des Pyrénées qui a manifesté dans ces dernières années la sismicité la plus grande.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la formation des dépressions locales méditerranéennes et la théorie norvégienne du « polar front »*. Note de M. **E.-G. Mariolopoulos.**

Quelques caractéristiques générales. — Les dépressions qui se trouvent dans la région méditerranéenne peuvent être groupées en deux classes :

a. Les dépressions locales qui ont leur naissance aux golfes de Lion et de Gênes, aux mers Tyrrhénienne, Adriatique et Egée et au Levant;

b. Les dépressions atlantiques qui font partie des « familles » cycloniques de l'hémisphère du Nord.

Les dépressions locales ne sont pas très profondes, et généralement se meuvent lentement vers l'Est, se reposant quelques jours, pendant leur trajet, dans certains endroits. Celles, par exemple, qui ont leur origine dans les golfes de Gênes et de Lion et dans la mer Tyrrhénienne, après être restées presque immobiles pendant quelque temps, à leur point de départ, se déplacent souvent vers le Sud-Est, en s'arrêtant dans la mer Egée quelques jours, puis se dirigent vers le Levant qui est un autre lieu de repos, et de là, elles continuent leur course vers l'Est.

Les dépressions qui arrivent de l'Atlantique sont bien développées, elles appartiennent aux familles cycloniques de notre hémisphère qni marchent vers l'Est. Souvent, dans la région méditerranéenne, ces dépressions, quelques jours après leur arrivée, se comblent et quelquefois une nouvelle dépression peut être formée là où une autre a disparu.

Une dépression, comme la décrit M. Bjerknes, consiste en deux masses d'air essentiellement différentes, l'une d'origine froide, l'autre d'origine chaude. Ces deux masses d'air sont séparées par une surface de discontinuité de température assez distincte qui court à travers le centre de la dépression. Dans le cas des dépressions de l'hémisphère Nord qui se meuvent vers l'Est, l'air chaud est transmis par un courant d'air de l'Ouest ou du Sud-Ouest et l'air froid, par un courant d'air du Nord-Est ou de l'Est.

Les dépressions locales méditerranéennes présentent les mêmes caractéristiques que celles décrites par M. Bjerknes. On y trouve l'air chaud et l'air froid, et la ligne de discontinuité de température est, en général, bien marquée. La température de l'air froid qui entoure le secteur chaud des dépressions méditerranéennes n'est pas très uniforme, et, dans plusicurs cas, plus d'un « front » froid semble exister. Au contraire, le secteur chaud présente généralement une uniformité remarquable de température, les variations étant petites.

Formation des dépressions et origine de l'air froid et de l'air chaud. — D'après la théorie norvégienne du « polar front » [1] deux courants d'air adjacents, l'un, d'Ouest au Sud-Ouest, chaud, et l'autre, d'Est au Nord-Est, froid, sont essentiels pour la formation d'une dépression aux latitudes moyennes. Le courant froid, selon les météorologistes norvégiens, est d'origine polaire et le courant chaud, d'origine équatoriale. Tous deux sont

(1) J. Bjerknes et H. Solberg, *Life Cycle of Cyclones* (*Geophysike Publikations*, 1922).

maintenus, par l'inégalité de température, entre les pôles et l'équateur.

Mais il n'est pas absolument nécessaire d'avoir de l'air polaire et de l'air équatorial pour obtenir les conditions essentielles à la formation d'une dépression. Dès qu'il existe deux courants d'air adjacents, l'un d'une direction d'Est ou Nord-Est, l'autre d'une direction d'Ouest ou Sud-Ouest, relativement plus chaud, nous avons tout ce qu'il faut pour la formation d'une dépression aux latitudes moyennes. Ces deux courants peuvent être produits et maintenus par deux anticyclones, l'un situé au-dessus de l'autre. Celui qui est situé à la plus haute latitude donnera à la région intermédiaire des vents d'une direction de Nord-Est et celui qui est situé à la plus basse latitude lui donnera des vents de direction de Sud-Ouest, relativement plus chauds parce qu'ils viennent d'une latitude plus basse. *Les dépressions se forment entre ces deux anticyclones.* Nous avons trouvé qu'il en était ainsi avec les dépressions locales méditerranéennes, et Sir Napier Shaw est d'avis que cela paraît être le cas avec toutes les dépressions des latitudes moyennes.

Pendant les mois d'hiver, un grand anticyclone, situé au nord de l'Himalaya dans l'Asie, s'étend jusqu'à l'est de l'Europe et couvre une partie de la péninsule balkanique. Un autre grand anticyclone, situé près des Açores, couvre une partie de l'Afrique du Nord. La Méditerranée est une région de pression relativement plus basse entre ces deux anticyclones. La partie sud de l'anticyclone asiatique produira un courant d'Est ou Nord-Est et la partie nord de l'anticyclone atlantique produira un courant d'air d'Ouest ou Sud-Ouest dans la région méditerranéenne. La température du courant d'Est ou Nord-Est sera naturellement plus froide que celle de l'Ouest ou Sud-Ouest, parce que l'endroit d'où il vient, c'est-à-dire de l'Asie du Nord, est pendant l'hiver une région où les températures les plus basses sont enregistrées. Alors nous avons là un courant froid d'Est ou Nord-Est et un courant, relativement plus chaud, d'Ouest ou Sud-Ouest. Le courant d'Est, entrant dans la région méditerranéenne, envoie des « *langues* » d'air froid dans la mer Adriatique, la mer Egée et les golfes de Gênes et de Lion qui paraissent là sous forme de vents froids comme le borra et autres. Le courant chaud se montre dans la Méditerranée sous forme de vents chauds du Sud ou Sud-Ouest, tel le sirocco et autres. *Les vents froids du Nord ou Nord-Ouest de l'anticyclone asiatique et les vents chauds de l'anticyclone atlantique forment, en général, les dépressions méditerranéennes.* L'absence presque totale de formation des dépressions dans la Méditerranée, pendant les mois d'été, quand l'anticyclone atlantique se meut vers le Nord, et

qu'alors les vents Sud dans la région méditerranéenne sont absents, et que l'anticyclone asiatique a disparu, et qu'ainsi le courant d'Est est aussi absent, tend à soutenir ce raisonnement.

D'ailleurs, quelquefois l'air froid, nécessaire à la formation de ces dépressions, est produit par des anticyclones temporaires, situés près du golfe de Gascogne. Ces anticyclones produisent dans la région méditerranéenne un assez froid courant d'Est ou Nord-Est qui, avec les vents chauds de l'anticyclone atlantique, forme des dépressions dans cette région. Quelques-unes des dépressions du golfe de Lion sont produites de cette façon; mais, en général, dans la plupart des cas, le courant d'air froid vient de l'anticyclone asiatique.

Conclusion. — Nous avons essayé, dans cette Note, d'étudier la formation des dépressions locales méditerranéennes, et nous sommes arrivé au résultat suivant :

1° Les dépressions locales méditerranéennes semblent être formées d'après la théorie norvégienne du « polar front ».

2° Les deux courants d'air froid et chaud, indispensables à la formation de ces dépressions, sont principalement produits par l'anticyclone asiatique et l'anticyclone atlantique.

3° Quand deux anticyclones sont situés l'un au-dessus de l'autre, aux latitudes moyennes, entre deux anticyclones, nous aurons les conditions nécessaires à la formation d'une dépression.

BOTANIQUE. — *Observations cytologiques sur le mode de formation des essences.* Note de MM. **A. Guilliermond** et **G. Mangenot**, présentée par M. Molliard.

Il est très difficile de mettre en évidence les essences dans des préparations fraîches, impossible de les conserver sur coupes fixées. Aussi le mode de formation de ces corps est-il inconnu. Tschirch admet que les essences résultent d'une transformation de la membrane cellulosique. Politis pense qu'elles dérivent des tannoïdes. Plus récemment, F. Moreau a soutenu qu'il n'existe pas de relations entre les tannoïdes et les essences; celles-ci apparaîtraient dans le cytoplasme à l'état de gouttelettes, et leur apparition correspondrait à une dissolution des chondriosomes considérés par l'auteur comme de simples lipoïdes; l'essence soluble dans ces lipoïdes mitochondriaux pourrait ainsi émigrer dans la poche sous-cuticulaire.

On a récemment indiqué (¹) une méthode permettant de colorer, à l'aide du bleu d'indophénol naissant, les graisses et les essences. Cette technique ne paraît colorer électivement que ces deux parties d'inclusions; elle donne, en général, une teinte bleue aux graisses et violette aux essences; mais ces différences de coloration sont peu marquées, et la distinction entre les deux catégories de substances est, par ce moyen, fort malaisée. Néanmoins, la méthode est précieuse, car elle est incontestablement la seule permettant de colorer les essences sans intervention d'alcool ou d'autre réactif plus ou moins brutal. Nous l'avons appliquée à l'étude de la sécrétion essentielle dans divers poils (ceux de la feuille de Noyer notamment) et organes sécréteurs (poches ou canaux sécréteurs de diverses Ombellifères, Composées, Rutacées).

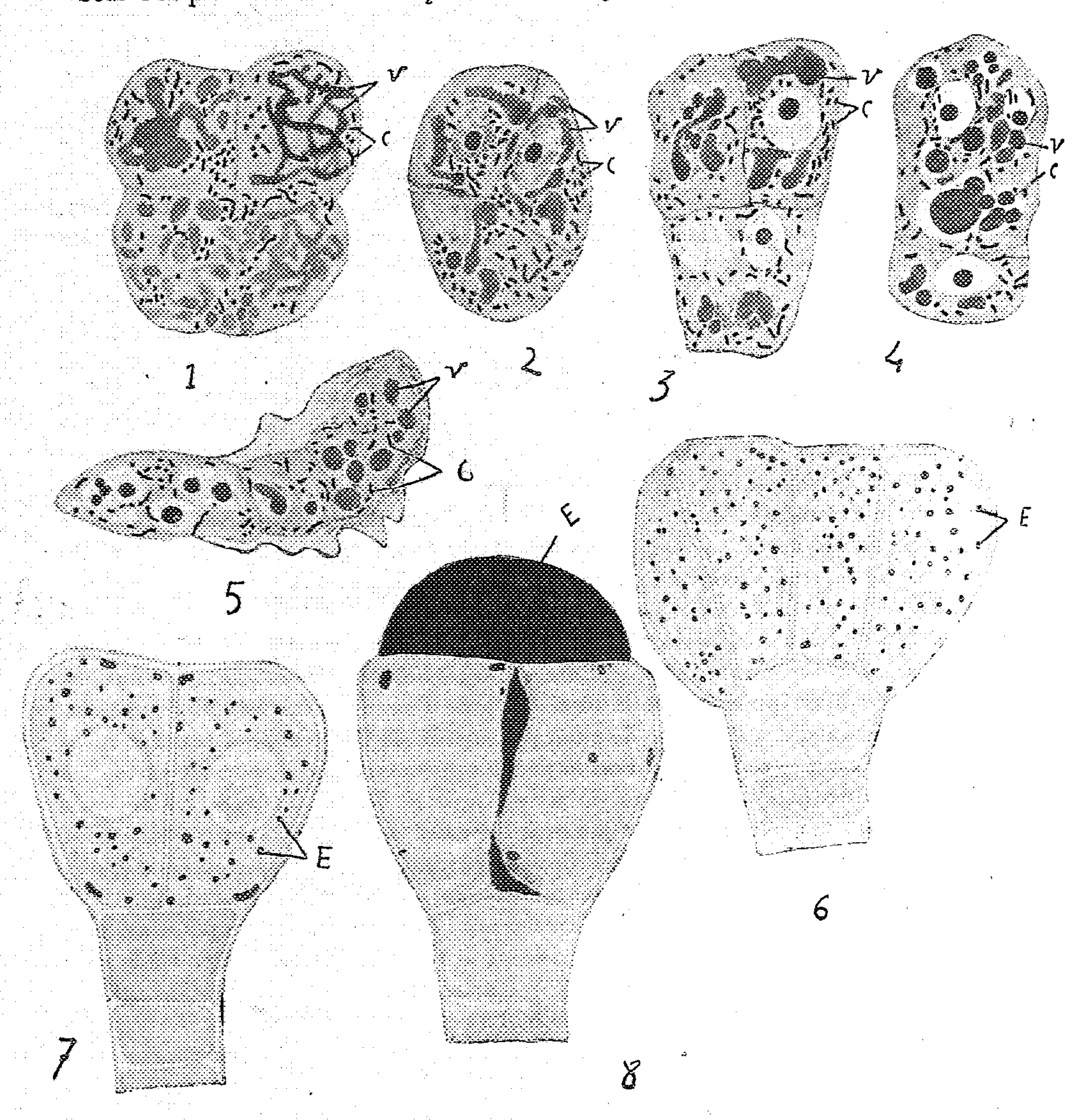
Les poils sécréteurs des feuilles de Noyer déjà étudiés par l'un de nous montrent, sur le vivant, dans toutes leurs cellules, un gros noyau et un système vacuolaire dont il est facile de suivre l'évolution. Celui-ci est d'abord représenté par de nombreux et très minces filaments, souvent anastomosés en réseau et constitués par une substance très réfringente et semi-fluide, offrant les caractères des tannoïdes. Ces formations, qui rappellent beaucoup un chondriome, sont cependant absolument distinctes, par leurs caractères microchimiques, des chondriosomes, existant avec elles; ces derniers, d'autre part, ne se voient pas sur le vivant par suite de leur faible réfringence. Au cours du développement des cellules, ces éléments filamenteux se gonflent par hydratation et se fusionnent pour constituer de grosses vacuoles typiques renfermant le tannoïde à l'état de solution colloïdale beaucoup plus diluée. L'essence est souvent visible sur le vivant, avec l'aspect d'une substance réfringente localisée entre la membrane cellulosique et la cuticule. Aucun des réactifs en usage ne permet de la localiser convenablement. L'acide osmique se réduit à son niveau et lui donne une faible teinte brune, la distinguant ainsi des tannoïdes qui prennent, en présence du même réactif, une coloration noire intense; mais l'extrême abondance de ces derniers corps empêche précisément la distinction de l'essence dans le cytoplasme. Le Soudan III dissous dans l'hydrate de chloral (procédé de Guignard) donne une coloration rose à l'essence accumulée dans la poche sous-cuticulaire et permet parfois de déceler dans le cytoplasme quelques globules paraissant de même nature. La méthode de Mesnard confère une coloration jaune à l'essence de la poche sous-cuticulaire, ainsi qu'au contenu tout entier des cellules sécrétrices et des cellules épidermiques, mais ne permet pas de distinguer de gouttelettes d'essence bien individualisées.

Il n'existe aucun procédé de fixation conservant l'essence dans les coupes à la paraffine. La méthode de Regaud met en évidence les chondriosomes (*fig.* 1 à 5, C); ceux-ci se présentent sous forme de grains, bâtonnets ou minces chondriocontes et persistent jusqu'à la dégénérescence des poils. Ils ne montrent aucun signe d'une participation à la sécrétion de l'essence. La même méthode conserve le système vacuolaire. Dans les stades très jeunes, celui-ci est maintenu dans son aspect filamenteux ou réticulaire (*fig.* 1 et 2, V) et offre une teinte jaune due à l'action du bichromate de potassium. Dans les stades où le système vacuolaire est à l'état de vacuoles typiques, les tannoïdes sont précipités sous forme de corpuscules jaunes (*fig.* 3 à 5, V). Les méthodes de Benda et de Meves (fixation dans des mélanges chromo-osmiques) fournis-

(¹) Zweibaum et Mangenot, *C. R. Soc. Biol.*, 1923.

sent des résultats semblables, mais font apparaître parfois, dans le cytoplasme, de petits globules graisseux noircis par l'acide osmique, d'ailleurs assez rares. En aucun cas, l'essence n'est conservée.

Seul l'emploi du bleu d'indophénol nous a permis d'obtenir la localisation de



l'essence. Les coupes faites à la main ou au microtome à congélation sont laissées quelques minutes dans le liquide colorant, puis observées dans l'eau. On peut aussi les monter dans le sirop d'Apathy ou la glycérine gélatinée. L'essence de la poche sous-cuticulaire apparaît avec une belle teinte violette (*fig.* 8, E); on trouve également parfois des globules d'essence exsudés à la partie externe de la cuticule. Dans le cyto-

plasme des cellules sécrétrices, on observe de très nombreuses et très fines granulations colorées en bleu violacé, représentant certainement l'essence (*fig.* 6 et 7, E), car les graisses sont, comme on l'a dit, très rares. Dans quelques cas, ces granulations sont remplacées par un petit nombre de gros globules. Les tannoïdes ne sont jamais colorés. La méthode met en évidence les mêmes granulations dans toutes les cellules épidermiques.

Cette méthode nous a également permis de colorer des gouttelettes d'essence dans le cytoplasme des poches et canaux sécréteurs de diverses plantes (Ombellifères, Composées, Rutacées). Il est à remarquer que, dans ces cellules, les tannoïdes font défaut, ce qui semble démontrer l'absence de relation entre ces substances et les essences.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'assimilation de l'ammoniaque par les plantes supérieures.* Note de M. **Prianichnikov**, présentée par M. Molliard.

J'ai montré précédemment que les phosphates minéraux sont solubilisés par les racines des plantes supérieures grâce à une élection qu'elles opèrent vis-à-vis des deux constituants des sels ammoniacaux employés comme source d'azote; la mise en liberté de l'acide de ces sels amène un changement de réaction de la solution nutritive qui doit intervenir dans la manière dont les plantes se comportent vis-à-vis des sels ammoniacaux et qui doit expliquer que dans de telles conditions ceux-ci soient moins bien assimilés que les nitrates; pour élucider cette question j'ai comparé l'utilisation des sels ammoniacaux et des nitrates, en faisant disparaître de différentes manières le changement de réaction déterminé par les racines des plantes à expérience.

Première méthode. — Elle consiste à ajouter à la solution contenant un sel ammoniacal du carbonate de calcium; j'ai comparé la formation de l'asparagine dans différentes plantules cultivées soit dans de l'eau distillée, soit en présence de nitrate de calcium, soit en présence de chlorure d'ammonium additionné de carbonate de calcium; les résultats sont les suivants au bout de 10 jours :

Az de l'asparagine pour 100 plantules (mg).	Eau.	Nitrate de calcium.	Chlorure d'ammonium + carbonate de calcium.
Vicia sativa	221	247,6	263
Zea Mays	104,5	160,7	269,5
Azote organique (mg).			
Zea Mays	755,6	844,6	935,1

Ces derniers nombres sont obtenus en retranchant de l'azote total la somme de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal.

On voit qu'en présence de carbonate de calcium le chlorure d'ammonium constitue une meilleure source d'azote que le nitrate de calcium.

Deuxième méthode. — On peut songer à éviter l'accumulation des acides forts correspondant aux sels ammoniacaux, en renouvelant la solution nutritive; si l'on effectue ce renouvellement deux fois par semaine on obtient, avec le sulfate d'ammonium, les rendements suivants (orge) :

	Poids de la substance sèche :	
	1re expérience.	2e expérience.
Solution non renouvelée	1g,66	1g,61
Solution renouvelée	9g,39	8g,70

Nous avons d'ailleurs constaté que la plante change la réaction du liquide avec une vitesse telle que le renouvellement de la solution, même réalisé tous les jours, est insuffisant pour prévenir une acidification notable; dans certains cas, celle-ci peut correspondre, pour 24 heures, à trois unités de P_H; aussi avons-nous été conduit à employer des solutions constamment renouvelées. Je donnerai, pour l'instant, quelques résultats obtenus avec des solutions remplacées tous les deux jours, et en employant la méthode qui nous a servi à plusieurs reprises, quand nous avons cherché à éviter les réactions secondaires qui se produisent entre les différents sels introduits dans le mélange nutritif.

Il s'agit de la division des racines en deux parties, qui se nourrissent séparément dans deux vases différents, l'un contenant la source d'azote, l'autre le reste des sels nutritifs.

Voici les chiffres moyens donnant les poids de substance sèche de plantules d'avoine :

	Sulfate d'ammonium.	Nitrate de sodium.
Solution non renouvelée	1g,65	6g,17
Solution renouvelée	7g,18	10g,52

Dans la seconde moitié de la période de végétation on a trouvé au bout de 2 jours des changements de valeur de P_H égaux à 2,7 en moyenne, en ce qui concerne la solution de surface d'ammonium.

Dans la solution de nitrate de sodium la réaction se modifie naturellement en sens inverse et se traduit par une différence de 0,6 — 0,7 pour la valeur de P_H.

La solution non renouvelée présentait, comme valeur de P_H, 3,3 au lieu de 6,2 en ce qui concerne le sulfate d'ammonium, et 7,3 au lieu de 6,2 pour le nitrate de sodium. Il y a lieu d'observer de plus que dans le cas de

ce dernier sel le gaz carbonique intervient pour produire du bicarbonate de sodium, et qui permet de comprendre que l'alcalinité physiologique des sels agit moins sur le développement des plantes que leur activité physiologique.

Troisième méthode. — Au lieu d'utiliser des sels ammoniacaux à acide fort, j'ai cherché à employer le carbonate d'ammonium, dont l'acide ne doit pas agir d'une façon nocive sur les végétaux; si l'on a reconnu pour ce sel un effet nuisible sur les racines, c'est qu'on a employé un sel de nature indéterminée, formé par un mélange de combinaisons d'ammoniaque, de gaz carbonique et d'acide carbonique. Nous avons préparé le bicarbonate d'ammonium en le faisant cristalliser dans un courant d'acide carbonique et nous avons pu constater qu'il se montrait plus favorable, pour le développement des plantes, que tous les autres sels d'ammonium, même le phosphate acide.

Je donne ci-dessous les résultats d'une expérience qui met en évidence l'action de divers sels azotés, employés à des concentrations variées, sur l'accroissement des tiges et des racines étiolées de pois (12 jours d'expérience) :

	Longueur des tiges (cm).			Longueur des racines (cm).		
Dilutions.	$\frac{1}{1000}$ N.	$\frac{3}{1000}$ N.	$\frac{1}{100}$ N.	$\frac{1}{1000}$ N.	$\frac{3}{1000}$ N.	$\frac{1}{100}$ N.
Bicarbonate d'ammonium + CO^2.	9,7	5,8	5,5	10,6	7,5	5,7
Bicarbonate d'ammonium.......	5,8	5,0	5,5	8,0	6,6	3,7
Phosphate acide d'ammonium...	5,0	5,1	5,2	9,2	8,4	6,6
Chlorure d'ammonium.........	4,1	4,1	4,1	7,6	7,4	3,8

Dans l'eau distillée la longueur des tiges était de $4^{cm},3$, celle des racines $8^{cm},1$. Nous pouvons donc conclure que la plante, étiolée ou verte, se comporte toujours de la même manière vis-à-vis de l'ammoniaque; elle l'absorbe énergiquement, tant que la réaction du milieu ne vient pas s'y opposer et le transforme immédiatement en combinaisons azotées organiques et cela avec une vitesse plus grande que celle qui est réalisée pour les nitrates, car ces derniers doivent subir au préalable une réduction en ammoniaque. C'est l'ammoniaque qui est en même temps la forme ultime de la transformation des matières organiques azotées et la matière première servant à la synthèse de ces substances, en se combinant avec des acides organiques qui proviennent de l'oxydation des hydrates de carbone.

Si l'on observe en agriculture un parallélisme certain entre l'énergie de la nitrification et le développement des plantes, les causes de ce parallélisme sont de nature secondaire; tout ce qui empêche la nitrification, comme la réaction acide du sol ou l'aération insuffisante, empêche en même temps le

développement des plantes supérieures et *vice versa*, de telle sorte que la nitrification est un critérium important de l'état du sol; mais l'ammoniaque introduit dans le sol sous une forme convenable peut être directement utilisé par la plante avant de subir une oxydation et se comporte même comme une source d'azote supérieure aux nitrates.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action spécifique des rayons lumineux de diverses couleurs dans la photosynthèse.* Note de M. V. LUBIMENKO, présentée par M. M. Molliard.

On sait que l'énergie de la photosynthèse dans la lumière monochromatique est en rapport direct avec l'absorption des rayons colorés par la chlorophylle. C'est surtout Engelmann qui a insisté sur l'idée que seule la quantité d'énergie lumineuse absorbée détermine la vitesse du travail photochlorophyllien, tandis que la couleur des rayons absorbés ne joue aucun rôle. Mais jusqu'à ces derniers temps on n'a pas réussi à établir pour l'énergie de la photosynthèse une courbe qui corresponde exactement à la courbe d'absorption de la lumière par la chlorophylle dans les différentes parties du spectre.

Malgré l'absorption très énergique par la chlorophylle, les rayons bleus et violets montrent une activité beaucoup plus faible que les rayons rouges; cette discordance entre l'absorption et l'action photochimique a été constatée une fois de plus par les récentes recherches de M. Ursprung.

Il faut remarquer cependant qu'aucun des auteurs n'a fait attention aux particularités spécifiques des plantes prises pour l'expérience. C'est pourquoi j'ai entrepris des études comparatives sur la photosynthèse dans diverses lumières monochromatiques, en choisissant les espèces adaptées, les unes à l'ombre, les autres au soleil. Je me suis borné tout d'abord à comparer l'énergie de la photosynthèse respectivement dans les lumières rouge et bleu-violet.

D'une façon générale, à l'éclairement ordinaire du soleil, la feuille vivante absorbe totalement deux groupes de rayons colorés : ceux de $\lambda = 700$ à $\lambda = 610^{\mu\mu}$ et ceux de $\lambda = 470$ à $\lambda = 400^{\mu\mu}$. C'est pourquoi, en adoptant pour mes expériences la méthode des filtres, j'ai choisi deux verres colorés: le verre rouge qui laissait passer les rayons de $\lambda = 760$ à $\lambda = 600^{\mu\mu}$ et le verre bleu violet transparent pour les rayons de $\lambda = 480$ à $\lambda = 400^{\mu\mu}$. La teinte de ces verres-filtres était suffisamment foncée pour éliminer la trans-

mission des rayons d'autres parties du spectre; la détermination spectrophotométrique a montré en même temps que la transmission des groupes des rayons rouges et bleu-violets, le plus fortement absorbés par la feuille, a été sensiblement égale pour les verres choisis.

Les expériences ont été faites à la lumière du soleil, aux heures les plus claires de la journée, pendant les mois de juillet et d'août. Étant donné que, pour la latitude de Paris, l'intensité de la lumière bleu-violette au niveau du sol est moindre dans ces conditions que celle de la lumière rouge, on peut calculer l'intensité relative des rayons passés à travers mes filtres. Il résulte de ces calculs que l'intensité de la lumière bleu-violette dans mes expériences a été égale à peu près à 85 pour 100 de celle de la lumière rouge. J'ai fait assimiler les feuilles dans l'air confiné contenant de 9 à 11 pour 100 de gaz carbonique.

Toutes les précautions nécessaires ont été prises pour éliminer l'influence spécifique de la température.

Grâce à une installation appropriée les feuilles ont été éclairées par les rayons perpendiculaires du soleil, tandis que la température restait constante et égale à 20° C. Pour éliminer l'influence de l'individualité des feuilles, j'ai toujours opéré avec des morceaux de 6^{cm^2}, découpés dans une même feuille, et j'ai comparé l'assimilation de ces morceaux à la lumière monochromatique pendant les six heures du plus fort éclairement du jour. En prenant 10^{cm^3} de mélange gazeux pour un morceau de la feuille et remplaçant ce mélange toutes les deux heures, j'ai pu obtenir les variations de l'énergie de la photosynthèse au cours d'une seule expérience.

Les expériences ont montré que l'énergie de la photosynthèse varie beaucoup suivant l'espèce. Voici les quantités maxima de CO^2 en centimètres cubes décomposées par gramme des feuilles vivantes pendant 1 heure :

	Lumières	
	rouge.	bleu violet.
Robinia Pseudacacia	6,93	3,51
Tilia silvestris	4,65	3,12
Fagus silvatica	4,37	2,87
Catalpa bignonioides	4,14	2,30
Ampelopsis hederacea	4,04	2,30
Phaseolus vulgaris	3,33	2,37
Hedera Helix	2,70	2,36
Aspidistra elatior	1,97	1,20

D'une façon générale, l'énergie de la photosynthèse s'affaiblit avec le temps dans la lumière rouge ainsi que dans la lumière bleu-violette. Cet affaiblissement est dû non seulement à l'accumulation des substances hydro-

carbonées, mais aussi à l'action directe de la lumière sur l'appareil chlorophyllien. En outre, les expériences ont montré que les diverses espèces de plantes se comportent différemment vis-à-vis de l'action retardatrice de la lumière monochromatique. Chez certaines espèces, c'est à la lumière rouge que l'énergie de la photosynthèse décroît le plus rapidement, tandis que chez les autres, au contraire, la diminution plus rapide se produit à la lumière bleu-violette. Voici l'énergie moyenne de la photosynthèse à la lumière bleu-violette exprimée en pour 100 de celle à la lumière rouge pour les intervalles successifs de deux heures :

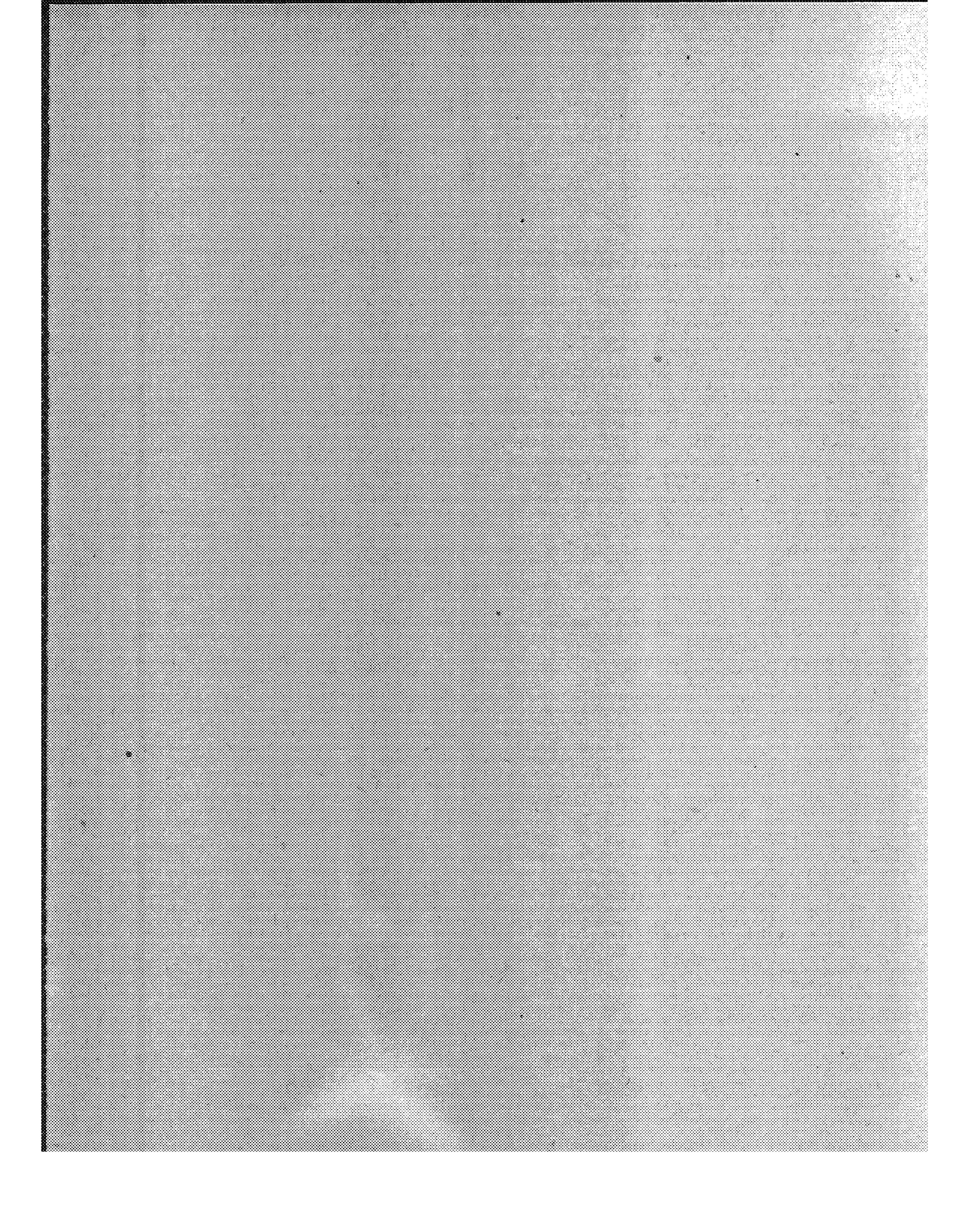
	Intervalles		
	I.	II.	III.
Aspidistra elatior	100	247	120
Hedera Helix	92	75	77
Robinia Pseudacacia	68	76	41
Tilia parvifolia	65	52	27
Fagus silvatica	64	69	93
Ampelopsis hederacea	63	49	51
Phaseolus vulgaris	52		45
Catalpa bignonioides	45	61	76

On voit par ces chiffres que le rapport entre l'énergie de la photosynthèse à la lumière bleu-violette et celle à la lumière rouge varie beaucoup chez une même espèce suivant la durée du travail photochimique. Dans la plupart des cas la photosynthèse à la lumière bleu-violette est sensiblement inférieure par rapport à la quantité d'énergie lumineuse absorbée. C'est seulement chez les espèces adaptées à une lumière diffuse faible, comme l'*Aspidistra* ou l'*Hedera*, que l'activité des rayons bleu-violets devient égale ou même supérieure à celle des rayons rouges.

Ce fait nous montre que malgré une très grande ressemblance dans les spectres d'absorption des diverses espèces, il existe une adaptation spécifique à la composition spectrale de l'éclairement. Dans la plupart des cas, c'est surtout l'énergie des rayons rouges que la plante utilise pour la photosynthèse; mais les espèces adaptées à la lumière diffuse, relativement pauvre en rayons rouges, profitent pour le même travail l'énergie des rayons bleu-violets. Donc il est très probable que, par un éclairement naturel complexe, les rayons de différentes couleurs possèdent une action spécifique dans les réactions photochimiques accompagnant l'assimilation chlorophyllienne.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

E. P.



N° 14

TABLE DES ARTICLES (Séance du 1er Octobre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. A. Lacroix. — La composition de la météorite tombée à Saint-Sauveur (Haute-Garonne) en 1914 ... 561

M. Emile Picard. — H. G. Zeuthen ... 565

M. Hadamard revient brièvement sur le sujet de sa Note du 10 septembre 1923 ... 568

M. Vito Volterra. — Mouvement d'un fluide en contact avec un autre et surfaces de discontinuité ... 569

CORRESPONDANCE.

M. Maurice Gevrey. — Formation et emploi des fonctions de Green dans l'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles d'ordre quelconque à caractéristiques imaginaires ... 571

M. F.-H. van den Dungen. — Nouvelles applications techniques des équations intégrales ... 574

M. Antoine Zygmund. — Sur les séries trigonométriques ... 576

M. R. Jacques. — Sur les deux réseaux dont les deux tangentes appartiennent à des complexes linéaires et les transformations de l'équation des surfaces à courbure totale constante ... 579

M. Serge Bernstein. — Principe de stationarité et généralisations de la loi de Mendel ... 581

MM. P. Stroobant et P. Bourgeois. — Sur certaines étoiles dont le mouvement est parallèle et égal à celui du Soleil ... 584

M. Paul Pascal. — Sur la formation lente d'une combinaison définie dans des cristaux mixtes ... 587

MM. René Dubrisay et Pierre Picard. — Sur les phénomènes capillaires qui se manifestent à la surface de séparation de l'eau et de l'huile de vaseline en présence des acides gras et des alcalis ... 589

M. H. Gault. — Les éthers-sels solubles de l'amidon et des acides gras supérieurs ... 592

M. Adrien Guébhard. — A propos du macrosisme japonais ... 593

M. E. Rothé. — Sur les tremblements de terre de France en 1920-1921 ... 595

M. E.-G. Mariolopoulos. — Sur la formation des dépressions locales méditerranéennes et la théorie norvégienne du « polar front » ... 597

MM. A. Guilliermond et G. Mangenot. — Observations cytologiques sur le mode de formation des essences ... 600

M. Prianichnikov. — Sur l'assimilation de l'ammoniaque par les plantes supérieures. 603

M. V. Lubimenko. — Action spécifique des rayons lumineux de diverses couleurs dans la photosynthèse ... 606

70755 — 10-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier

1923
DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 15 (8 Octobre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 OCTOBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie les tables semestrielles des tomes 171 (1920, deuxième semestre); 172 et 173 (1921); 174 et 175 (1922); 176 (1923, premier semestre) des *Comptes rendus* et signale à l'Académie que ces tables ont été établies grâce à l'activité de M. *Pierre Gauja*.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur le P. Elie Colin*, par M. A. **Lacroix**.

L'Académie a perdu en la personne du P. Élie Colin un de ses correspondants qui l'a honorée en servant bien, au loin, et la science et la patrie.

Édouard-Élie Colin est né à Graulhet, Tarn, le 28 novembre 1852. Dès son enfance, il suivit les cours de la maîtrise d'Albi; c'est ainsi que se développa son goût pour la musique dans laquelle il excella durant toute sa vie. Il fit ses études secondaires au séminaire de Lavaur; à 17 ans, il tenait les grandes orgues à la cathédrale d'Albi, puis l'année suivante il entrait au noviciat des Jésuites. Quand il en sortit, ses aptitudes pour les sciences exactes le firent envoyer successivement dans les collèges de son ordre, à Bordeaux, Sarlat et Monaco, où, de 1877 à 1882, il professa les mathématiques et la physique.

Ordonné prêtre à Uclès en Espagne en 1885 par Mgr Cazet, vicaire apostolique de Madagascar, il fut averti, aussitôt après, que ses supérieurs lui donnaient pour mission d'organiser un observatoire astronomique à Tananarive et qu'il avait, par suite, à se préparer à cette tâche.

Pendant que les grandes lignes de l'entreprise étaient débattues à Madagascar entre les autorités ecclésiastiques et le résident général M. Le Myre de Villers, le P. Colin se rendit en Angleterre à Stonyhurst pour travailler sous la direction du P. Perry, astronome spécialisé dans l'étude du magnétisme terrestre, puis, au début de 1888, il vint compléter sa formation astronomique à l'Observatoire du Bureau des longitudes de Montsouris et se mettre au courant des recherches météorologiques au Parc de Saint-Maur, sous les ordres de Mascart et de Renou.

A la fin de la même année, il part pour Tananarive, porteur de nombreux instruments que lui avaient confiés nos confrères, l'amiral Mouchez, alors directeur de l'Observatoire de Paris, Alfred Grandidier, d'Abbadie, Bouquet de la Grye et Mascart. L'Académie a donc joué, sinon directement, du moins par ses membres, un certain rôle dans la création d'un service astronomique et météorologique à Madagascar, le seul que possède la France dans l'hémisphère austral.

Entre temps, le P. Colin avait fait dresser par l'architecte Lequeux, les plans de son futur observatoire mais ce fut lui seul qui les fit exécuter, au milieu des difficultés que l'on peut deviner, dans un pays manquant alors à la fois d'entrepreneurs, d'ouvriers spécialisés et de toutes les ressources de la civilisation moderne que l'on trouve dans la Grande Ile depuis qu'elle est terre française.

Le P. Colin n'avait pas attendu pour se mettre au travail l'achèvement de la construction du beau monument en granite et en briques surmonté de quatre coupoles qu'il fit édifier au sommet de la colline d'Ambohidempona située à 2^{km} est de Tananarive; il installa aussitôt ses instruments dans des baraquements provisoires et commença des observations météorologiques, puis magnétiques, qui ne cessèrent d'être poursuivies régulièrement avec le concours de 13 postes secondaires judicieusement répartis dans divers points de l'île.

L'observatoire une fois installé, il en détermina la position géographique à l'aide d'un grand nombre d'observations astronomiques. Quand fut organisée la Carte photographique du Ciel, il prit des dispositions pour y collaborer d'une façon active, les conditions climatériques exceptionnelles de Tananarive, la grande transparence du ciel devant permettre d'effectuer du bon travail dans cette direction.

Dès 1892, le P. Colin entreprit une série de travaux, consacrés à une autre discipline la géodésie, travaux que, pendant une partie de sa carrière, il allait mener de front avec ceux d'astronomie et de météorologie. Il avait trouvé à Tananarive un initiateur distingué, le P. Roblet,

ancien collaborateur d'Alfred Grandidier. Il rectifie tout d'abord la base qui, 19 ans auparavant, avait servi de départ aux levés cartographiques de son confrère, puis il consacre six mois à la triangulation et au nivellement géodésique de la région comprise entre son observatoire et Andovoranto sur la côte de l'océan Indien; il eut pour ce travail à surmonter des difficultés considérables dans la chaîne côtière couverte par la forêt tropicale. Il a fixé ainsi les positions géographiques de Beforona, Andovoranto, Tamatave, etc. Pendant la même période, il collabora à la feuille nord de l'Imérina dressée par A. Grandidier, carte qui, en 1895, fut d'un si grand secours au corps expéditionnaire.

En 1893, le P. Colin revenait en France pour cause de santé et pendant les préparatifs de l'expédition qui allait donner Madagascar à la France, sur la demande du Ministère de la Guerre, il mit au net l'itinéraire de Tananarive à Andovoranto et la carte de l'Imerina du Sud. Une grande tristesse devait bientôt le frapper; douze jours, en effet, avant la prise de Tananarive par les troupes françaises, son observatoire qui lui avait coûté tant de peine était pillé et détruit de fond en comble par les malgaches.

Rentré à Madagascar en 1896, le P. Colin fut aussitôt attaché au corps expéditionnaire, en qualité de géodésien du Service géographique de l'État-Major, et, pendant deux ans et demi, il accomplit une série de missions géodésiques, tout en remplissant, à l'occasion, les fonctions d'aumônier militaire. Il dressa une carte au $\frac{1}{100000}$ de la côte orientale, en vue de la construction d'un chemin de fer, poussa la triangulation de l'Imerina jusqu'à Andriba, afin de joindre l'ancien réseau de cette province avec les levés de la région de Majunga, puis sur la côte occidentale il détermina les positions géographiques et les éléments magnétiques d'un grand nombre de points importants : Maevatanana, Majunga, Maintirano, Morondava, etc.

De retour à Tananarive en mai 1898, le P. Colin donne sa démission du Service géographique pour reconstruire l'observatoire, à l'aide d'une subvention de la colonie, de subsides fournis par quelques généreux amis de la science et surtout avec la solde de ses années de campagne et, plus tard, avec les prix que lui décernent l'Académie, la Société de Géographie, etc. Mais il ne pouvait se résoudre à mener pendant longtemps une vie sédentaire. En février 1900, il repart donc en mission sur la côte orientale, puis il entreprend autour de l'Ankaratra une triangulation de 8000^{km^2} qui complète ses observations antérieures, effectue de nombreuses observations magnétiques qu'il poursuit pendant l'année suivante.

Enfin, de 1902 à 1905, pour le compte du Service géographique encore,

il perfectionne la triangulation de la région de Tananarive en vue de la carte à grande échelle des alentours de la capitale.

Ce furent là ses derniers travaux géodésiques. Dès lors, il va se consacrer exclusivement à la direction de son observatoire qu'il ne cesse de compléter et dont il aimait à faire les honneurs, avec cette parfaite bonne grâce que j'ai pu apprécier en 1911.

En 1902, à la demande du général Gallieni qui avait pris à la charge de la colonie les frais de la construction d'un pavillon magnétique, le P. Colin a collaboré aux travaux de la mission allemande au pôle Sud, observant toutes les semaines pendant cette année les éléments magnétiques absolus.

Jusqu'à sa mort les observations météorologiques et magnétiques ont été régulièrement faites sous sa direction et publiées annuellement.

Enfin, en outre de ses travaux scientifiques, le P. Colin a publié un volume de mélodies malgaches recueillies au cours de ses voyages.

Ce rapide exposé montre quelle fut l'activité scientifique du P. Colin que l'Académie avait élu Correspondant dans la Section de Géographie et Navigation le 13 mars 1899. La Géodésie de Madagascar lui doit beaucoup. Tout ce que l'on sait de précis sur la Météorologie et le Magnétisme de la Grande Ile est son œuvre. Il a rendu à la Colonie d'éminents services, notamment pour la prévision du temps et particulièrement pour celle des cyclones, sur lesquels il a publié des travaux intéressants.

Il s'est éteint le 10 avril dernier à Andohalo, entouré de l'estime générale. Depuis plusieurs mois il travaillait à la rédaction d'un travail d'ensemble sur la météorologie et le magnétisme à Madagascar qui devait faire partie de l'*Histoire physique, politique et naturelle de Madagascar* de A. et G. Grandidier; il est à souhaiter que cette œuvre considérable ne soit pas perdue et soit achevée par ses successeurs à l'Observatoire de Tananarive.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Radiochimie de la fluorescence.* Note de M. **Jean Perrin**.

Observant à température fixée des solutions fluorescentes violemment éclairées, j'avais constaté que, pour toutes les solutions essayées, le corps fluorescent disparaît progressivement, et que, dans un éclairement donné, cette disparition a sa vitesse maximum quand la solution est très diluée et très fluorescente, mais devient très lente quand la solution est concentrée et peu fluorescente, bref que la vitesse de disparition paraît à chaque instant

proportionnelle au « pouvoir fluorescent » de la solution. J'avais alors conclu que la fluorescence accompagne une transformation chimique ([1]).

Cette hypothèse s'accordait bien avec la théorie radiochimique générale, présentée indépendamment par M. Lewis et moi-même : absorbant un quantum $\mathcal{L}$ d'une certaine lumière, la molécule A du corps fluorescent atteignait un état critique défini M, d'où elle retombait spontanément sur un autre état stable A′ avec émission d'un quantum $\mathcal{L}'$ d'une autre lumière, selon le schéma

$$\mathcal{L} + A \rightarrow M \rightarrow A' + \mathcal{L}'.$$

Or, en cherchant à étudier cette transformation chimique, MM. Mac Lennan et Levaillant ont trouvé, indépendamment, que le solvant ou l'air y jouent un rôle essentiel. Par exemple, dans l'eau privée d'air, l'uranine n'est plus détruite par la lumière. Les disparitions observées ne sont donc pas des réactions unimoléculaires d'isoméries.

Pour expliquer ces faits et ceux que j'avais signalés, j'ai dû modifier et préciser mes hypothèses. Je pense toujours que la molécule sensible, après absorption d'un quantum convenable, est amenée dans un état critique stationnaire défini. Mais deux éventualités sont alors possibles, selon que la molécule critique réagit chimiquement ou non avec les molécules voisines.

I. *La fluorescence accompagne la régénération du corps fluorescent.* — Si la molécule critique ne réagit pas sur les molécules voisines, j'admets qu'elle retombe spontanément, après une certaine « vie moyenne », dans son état *primitif* A, avec émission d'un quantum, selon le schéma

$$\mathcal{L} + A \rightarrow M \rightarrow A + \mathcal{L}',$$

le cycle AMA pouvant se répéter indéfiniment ([2]) en sorte que le corps fluorescent se régénère continuellement. L'émission de lumière accompagne cependant toujours un changement discontinu, véritable réaction unimoléculaire, et c'est la somme de ces émissions qui constitue la fluorescence observée. La différence entre $\mathcal{L}'$ et $\mathcal{L}$ est en général faible (bandes excitatrice et excitée sont contiguës) et toute forte différence s'expliquera

---

([1]) *Annales de Physique*, 1918. Pour d'autres raisons, Mme Curie avait déjà supposé que la fluorescence accompagne une réaction chimique. (*Traité de radioactivité*, 1910.)

([2]) Si ce cycle avait une durée notable, la solution luirait après cessation de l'excitation (phosphorescence).

comme elle s'explique entre une radiation capable de modifier un atome d'hydrogène et celles qu'émet cet atome en reprenant sa configuration stable (¹).

II. *Sensibilité du fluorogène.* — Dans cette hypothèse, la fréquence des régénérations $M \rightarrow A$ (ou la fréquence égale, en régime permanent, des transformations $A \rightarrow M$), et l'intensité de la fluorescence (elle-même proportionnelle à l'intensité de la lumière excitatrice), sont évidemment proportionnelles. De façon plus précise, pour tout volume dv de solution intérieur à un volume assez petit et assez ramassé pour que l'intensité $\mathfrak{J}$ du rayonnement excitateur y soit pratiquement uniforme, le nombre par unité de temps des transformations $A \rightarrow M$, ou des régénérations $M \rightarrow A$, est de la forme $\mathfrak{J} S\, dm$, dm étant la masse dissoute dans dv, et S étant un coefficient spécifique du corps fluorescent à la concentration c qu'il a dans la solution. De même, nous savons (²) que la fluorescence émise par ce volume est $\mathfrak{J} \Phi\, dv$, Φ définissant la fluorescence spécifique à cette concentration. Pour nous rappeler que S donne la fréquence des transformations $A \rightarrow M$, nous dirons que S mesure la *sensibilité spécifique*, pour la lumière excitatrice, de la substance dissoute à la concentration c.

Les nombres de régénérations $M \rightarrow A$, pour deux concentrations différentes, sont entre eux comme les fluorescences émises : sensibilité spécifique et fluorescence spécifique (ou pouvoir fluorescent) sont donc proportionnelles, $\frac{S}{\Phi}$ ayant même valeur pour toute concentration.

Considérons, dans la masse dm, la portion δm (toujours faible) qui se trouve en régime permanent dans l'état critique; le nombre $\mathfrak{J} S\, dm$ de régénérations $M \rightarrow A$ dans cette masse est proportionnel à δm (comme le nombre des décès dans un pays peut l'être à la population); cette portion δm est donc de la forme $\mathfrak{J} \mu . dm$, μ étant un nouveau coefficient spécifique (égal au produit de S par la vie moyenne θ de l'état M), et $\frac{\mu}{S}$ a la même valeur pour toute valeur c de la concentration. Enfin la concentration γ des molécules critiques sera $\mathfrak{J} \mu c$.

Bref, quand la concentration c change, Φ, S et μ restent dans des rap-

(¹) Le fait que la lumière émise a un spectre de bandes et non de raies, peut tenir à ce que les diverses molécules qui se pressent dans le liquide influent les unes sur les autres de façon lentement variable, changeant à chaque instant, autour de certaines valeurs moyennes, les périodes possibles.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 471; discussion analogue pour définir S (c, λ).

ports invariables. Or nous savons comment Φ dépend de c [1] : pour les grandes dilutions, ce pouvoir fluorescent reste pratiquement invariable, donc aussi S et μ, c'est-à-dire que, pour un éclairement donné, la probabilité de transformation d'une molécule donnée reste fixe et de même la fraction de gramme présente dans l'état critique reste indépendante de la dilution (ce qui entraîne γ proportionnel à c). Si maintenant on augmente la concentration c, nous savons que Φ décroît (et tend vers zéro), donc aussi S et μ : la molécule devient de moins en moins sensible, et la concentration γ des états critiques tend vers zéro [2].

III. *Disparition du corps fluorescent.* — Mais, dans un état critique, une molécule semble particulièrement apte à réagir (A. Job). Supposons maintenant que la molécule critique M puisse disparaître en réagissant sur une molécule voisine, probablement elle-même amenée dans un état critique M_1. De façon plus précise, pour toute molécule M apparue, il y aura une probabilité définie de réagir sur M_1 (réaction qui fera disparaître par exemple une molécule M sur cent). Il est alors évident que, peu à peu, le corps fluorescent disparaîtra. Ce sont encore les régénérations $M \rightarrow A$ qui donneront la fluorescence (nécessairement plus faible à chaque instant que s'il n'y avait pas réaction). La sensibilité S restera la même.

Le schéma suivant résume ces deux éventualités

$$\begin{matrix} \mathcal{L} + A \rightarrow M \\ \mathcal{L}_1 + A_1 \rightarrow M_1 \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} M \rightarrow A + \mathcal{L}', \\ M + M_1 \rightarrow B + \mathcal{L}'', \\ M_1 \rightarrow A_1 + \mathcal{L}'_1. \end{matrix} \right.$$

Les lumières $\mathcal{L}_1$, $\mathcal{L}''$ et $\mathcal{L}'_1$ étant invisibles dans les cas jusqu'ici étudiés. (Nous déterminerons dans un instant $\mathcal{L}_1$.)

Par exemple, dans la disparition progressive du « bleu de méthylène nouveau » en solution glycérique, une partie du « bleu critique » formé sous l'influence de la lumière orange réagirait sur de la « glycérine critique » en donnant le leucodérivé signalé par M. Levaillant [3] tandis que le reste régénère le bleu primitif, avec fluorescence rouge.

Dans cette conception, la vitesse de disparition est à chaque instant séparément proportionnelle aux concentrations γ et γ_1 des deux sortes M et M_1 de molécules critiques. Or nous venons de voir que γ n'est proportionnel à

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 469, et *Annales de Physique*, 1918.

(2) Ceci pour l'état liquide : nous avons vu que dans l'état solide la fluorescence peut redevenir très vive (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 473).

(3) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 398.

la concentration c du corps fluorescent que pour les grandes dilutions, mais que γ tend vers zéro (avec S) quand c devient grand. On comprend bien ainsi que, comme je l'avais constaté, et comme plusieurs observateurs l'ont depuis confirmé, la vitesse de disparition sous l'influence de la lumière, devienne très faible pour les solutions concentrées à faible pouvoir fluorescent.

IV. *Fréquences actives.* — La vitesse de disparition étant proportionnelle au produit $\gamma\gamma_1$ des deux sortes de molécules critiques, nous pourrons agir sur cette vitesse en modifiant l'une ou l'autre de ces concentrations.

Nous pourrons, en particulier, sans éclairer de l'extérieur, agir par la seule température, c'est-à-dire par rayonnement interne, et par chocs moléculaires équivalents à de la radiation (comme le sont les rayons α ou β pour les rayons X).

J'ai montré par ailleurs, ainsi que MM. Lewis et Traûtz, que si une réaction monomoléculaire pouvant être produite par une lumière de fréquence ν se poursuit à la température T sans éclairement venu de l'extérieur, il résulte de la loi d'Arrhenius que cette vitesse est proportionnelle à $e^{-\frac{H\nu}{RT}}$ (H, constante de Planck par molécule-gramme). Si cette même vitesse est d'autre part proportionnelle à la concentration γ des molécules critiques, cette dernière est aussi proportionnelle à la même exponentielle.

Pour une réaction bimoléculaire exigeant la rencontre de deux molécules critiques séparément produites par absorption de quanta de fréquence ν et ν_1, les deux concentrations γ et γ_1 seront de même respectivement proportionnelles à $e^{-\frac{H\nu}{RT}}$ et à $e^{-\frac{H\nu_1}{RT}}$, ν et ν_1 désignant les fréquences des radiations séparément actives sur les deux molécules sensibles A et A_1. Bref, dans la solution non éclairée, la vitesse changera en fonction de la température comme le produit

$$e^{-\frac{H\nu}{RT}}\,e^{-\frac{H\nu_1}{RT}}$$

qui a bien la forme $e^{-\frac{\alpha}{RT}}$ imposée par la loi d'Arrhenius, sans que le coefficient α, égal à $H(\nu+\nu_1)$, puisse être regardé comme le produit $H\nu_0$ de la constante de Planck par une fréquence capable de déterminer la réaction.

V. *Température et réactions photochimiques.* — Supposons la température assez basse pour que, dans la solution non éclairée, le produit $\gamma\gamma_1$ soit si petit que la vitesse de réaction soit pratiquement nulle. Nous pourrons, en éclairant par la lumière qui excite la fluorescence, accroître énormément la concentration γ des molécules critiques du corps fluorescent, et par là

rendre notable le produit $\gamma\gamma_1$ et la vitesse de disparition de ce corps. La réaction est alors *photochimique* en ce sens qu'elle ne se produirait pas (appréciablement) sans action de radiation extérieure. On voit cependant que pour une part elle reste thermique, en ce qui regarde la concentration γ_1 non modifiée par la lumière qui excite le corps fluorescent. Si donc la température change, la vitesse changera comme cette cencentration γ_1, la concentration γ restant pratiquement constante en même temps que l'illumination.

Cette analyse fait comprendre comment il peut arriver que la température influe sur la vitesse d'une réaction photochimique, et à quoi tient qu'elle influera en général moins que pour une réaction polymoléculaire ordinaire, pour laquelle elle agit en même temps sur plusieurs concentrations critiques.

J'ai en effet observé que la disparition en solution glycérique sous l'action de la lumière est notablement plus rapide à chaud qu'à froid pour le bleu de méthylène nouveau et le bleu fluorescent, et j'ai fait pour ces corps des mesures dont le détail sera donné ailleurs.

Pour le bleu de méthylène nouveau, très sensible, étudié entre 19° et 55°, la vitesse de disparition (par action de la lumière orange) est multipliée environ par 1,3 quand la température absolue s'accroît de $\frac{1}{30}$ de sa valeur (soit 10° au voisinage de la température ordinaire). Cela donne 5.10^{13} pour la fréquence ν_1 (et 6^{μ} pour la longueur d'onde) de la lumière $\mathfrak{L}_1$ infrarouge qui produit les molécules M_1 de glycérine critique capables de réagir sur le bleu critique.

Le bleu fluorescent, beaucoup plus résistant, a dû être étudié (aussi en lumière orange) dans un éclairage beaucoup plus intense et à des températures plus élevées, entre 65° et 125°. Le coefficient thermique s'est montré pourtant à peu près le même, avec la valeur approximative 1,4.

Dans les deux cas une solution témoin, maintenue à l'obscurité pendant le même temps aux mêmes températures, ne subissait pas de changement.

VI. *Coefficient de température de la réaction thermique.* — Nous venons de déterminer ν_1; d'autre part la fréquence ν de la lumière qui excite la fluorescence visible est immédiatement connue (48.10^{13} pour la lumière orange). La somme $(\nu + \nu_1)$ égale au terme ν_0 précédemment défini (IV) comme égal à $\frac{\alpha}{H}$ est donc par là connue (environ 53.10^{13} pour le bleu de méthylène nouveau), ce qui détermine pour α une valeur qui doit concorder avec celle qu'on trouve directement en étudiant l'influence de la tempéra-

ture sur la vitesse de la disparition du corps fluorescent, quand cette disparition est produite uniquement par voie thermique.

D'abord, il fallait s'assurer que cette destruction purement thermique peut en effet se produire appréciablement à température assez élevée. C'est ce qu'avait constaté M. Levaillant : par exemple, une solution de bleu de méthylène nouveau se décolore lentement à 150° dans l'obscurité.

J'ai alors cherché le coefficient thermique, qui doit être très élevé si $\frac{\alpha}{H}$ est égal à $\nu + \nu_1$. J'ai en effet trouvé, comparant les vitesses de disparition à 153° et à 160° pour des solutions étendues de bleu de méthylène nouveau, un coefficient de température grossièrement égal à 8, ce qui correspond à une valeur de ν_0 voisine de 50.10^{13}. Mais une action catalytique de la paroi se produit, qui complique la discussion. J'insisterai au reste bientôt sur divers caractères intéressants de la réaction purement thermique.

VII. Il n'est enfin pas exclu que la molécule critique M réagisse directement sur une molécule A_1 non critique. On voit que notre schéma (III) se simplifie alors, par suppression de deux équations, et que la température cesse d'influer sur la vitesse de la réaction photochimique. Cela semble le cas de l'uranine en solution glycérique.

Les considérations ou les résultats qui précédent se généralisent peut-être à un domaine étendu de la Mécanique chimique, et sont en accord avec une théorie radiochimique générale des réactions [1].

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Sur la découverte d'hommes fossiles d'âge aurignacien, à Solutré (Saône-et-Loire).* Note de MM. **Ch. Depéret, F. Arcelin** et **L. Mayet.**

Solutré est l'une des stations paléolithiques les plus célèbres de la France. Découverte en 1866 par Adrien Arcelin, elle fut tout d'abord explorée par lui et H. de Ferry, puis par l'abbé Ducrost, Lortet, Chantre, Ricard, de Fréminville, de Mortillet, Capitan et de nombreux collectionneurs. En 1907, le Dr Fabien Arcelin commençait l'exploration méthodique du gisement, reprise par nous, sur une grande échelle en 1922-1923, à l'aide des ressources de l'*Association régionale de Paléontologie humaine* récemment fondée à Lyon, honorée d'une subvention de la fondation Loutreuil. M. Mazenot, instituteur à Royer, nous a constamment prêté son intelligente et dévouée collaboration.

---

(1) *Notice sur travaux scientifiques*, 1923.

Stratigraphie du gisement. — Pittoresquement étagé au pied d'un abrupt calcaire bajocien « La Roche de Solutré », le village de ce nom est dominé par une pente d'éboulis calcaires, stratifiés, mélangés de terre argilo-ferrugineuse, qui reposent sur les marnes du Lias et constituent le gisement préhistorique dont on sait la renommée mondiale.

La stratigraphie de cet éboulis, dénommé le *Crot-du-Charnier* du fait de l'existence d'une couche pétrie d'ossements de chevaux — débris de cuisine représentant par dizaines de milliers les animaux consommés par les chasseurs nomades quaternaires —, a été bien éclairée par Adrien Arcelin, qui en a donné une coupe partout reproduite. Ce savant préhistorien attira l'attention sur la couche dite « magma de cheval » qui traverse tout l'éboulis et sépare les foyers supérieurs d'autres foyers plus anciens, inférieurs au magma. Il figura celui-ci presque horizontalement : cela tient à ce que sa coupe est orientée en direction des couches, suivant la pente actuelle N.-S. Nos trois coupes parallèles, sensiblement Est-Ouest, nous ont montré une structure fort différente du schéma d'Arcelin : tandis que les éboulis actuels suivent la pente N.-S. du terrain, au contraire les couches d'éboulis quaternaires plongent assez fortement de l'Est à l'Ouest. Cette disposition s'explique probablement par un affaissement général du terrain du côté Ouest, par suite de la dissolution des marnes sous-jacentes. La conséquence de cette structure est que le magma de cheval vient affleurer en surface au milieu du Crot-du-Charnier suivant une ligne axiale N.-S. Cette stratigraphie, qui nous est maintenant familière, permet d'orienter méthodiquement les fouilles suivant que l'on se propose d'explorer les niveaux inférieurs *aurignaciens* ou les niveaux supérieurs *solutréens*.

Age des niveaux paléolithiques. — Avec une précision remarquable, Arcelin avait indiqué la succession des niveaux suivants :

1° Terre végétale,
2° Zone d'éboulis stériles,
3° Foyers de l'âge du Renne,
4° Zone stérile,
5° Amas d'ossements de chevaux et foyers,
6° Zone stérile,
7° Petite zone de foyers,
8° Zone stérile,
9° Petite zone de foyers,
10° Marnes toarciennes.

Il avait bien reconnu que les beaux silex finement taillés en forme de feuilles de laurier (type classique solutréen) se rencontraient toujours

au-dessus de la couche à chevaux, mais c'est à l'abbé Breuil que revient l'honneur d'avoir fixé l'âge aurignacien du magma de cheval et des foyers situés au-dessous de celui-ci. Nos fouilles ont confirmé en tous points les conclusions de l'abbé Breuil.

Fouilles de l'Association régionale de Paléontologie humaine. — En août 1922, nous avons fait dans la terre Souchal, en dessous du mur qui limite en bas le Crot-du-Charnier, une tranchée longue de 16^m, large de 6^m, et profonde de $5^m,50$. Le magma de cheval affleurait en surface. A $0^m,70$ en dessous se trouvait une ligne continue de foyers, s'étendant sur toute la longueur de la tranchée. Puis $0^m,30$ d'éboulis stérile, nouvelle ligne de foyers; 0,25 d'éboulis stérile, troisième et quatrième lignes de foyers; enfin, éboulis stériles sur le reste de la profondeur de la tranchée. Ces lignes de foyers (cendres, ossements de chevaux calcinés) s'inclinaient vers l'Ouest.

Dans le magma, nous avons recueilli un outillage lithique comprenant une centaine de burins, de belles lames et de pointes, peu ou pas retouchées, utilisées cependant. Quelques-unes se terminent par un grattoir demi-circulaire; enfin deux petites lames appointées, à dos rabattu, signent cet outillage comme aurignacien.

Les foyers sous-jacents n'ont livré aucun silex, aucun os travaillé.

En août-septembre 1923, une première tranchée fut creusée sur 12^m de long, dans le Crot-du-Charnier, en dessus et un peu à l'ouest de la précédente. Nous avons rencontré à une faible profondeur le magma de cheval plongeant vers l'Ouest. Cette couche a fourni une industrie conforme à celle recueillie en 1922 : 15 grandes lames terminées en pointe, sans retouche, 6 grattoirs sur bout de lame, 2 lames à arête médiane martelée.

Au-dessus du magma, un petit foyer solutréen daté par une pointe foliacée caractéristique.

A l'extrémité ouest, immédiatement sous le magma, était un foyer considérable, d'épaisseur moyenne de 1^m. La partie de ce foyer que nous avons fouillée a livré 14 grandes et belles lames, longues de 8 à 14^{cm}, l'une d'elles habilement retouchée sur les deux côtés, une autre avec arête médiane retaillée sur la moitié de sa longueur.

Enfin la campagne de fouilles s'est brillamment terminée par les découvertes faites dans une seconde et vaste tranchée creusée sous le chemin qui traverse le Crot, à la suite de la tranchée Arcelin-Breuil de 1907.

Le magma, affleurant presque en surface du sol, a fourni 87 silex identiques aux précédents : lames et pointes avec ou sans retouches, une lame

appointée avec dos rabattu du type de la Gravette, un grattoir épais presque caréné, un autre grattoir double, un beau burin busqué, un autre petit burin, etc.

En dessous de la couche à chevaux intacte, mais un peu moins compacte, un peu plus mince que dans les tranchées précédentes, nous avons eu la bonne fortune de découvrir un alignement de trois squelettes disposés sur un plan incliné plongeant à l'Ouest comme les couches quaternaires de l'éboulis. Un premier squelette — squelette féminin accompagné des débris de deux squelettes de tout jeunes enfants — gisait à $1^m,30$ de la surface, sous le magma bien caractérisé. Un deuxième squelette suivait à $1^m,80$ de de la même ligne de surface. Enfin, un troisième squelette à $2^m,40$ de profondeur. Tous trois étaient sensiblement sur la même ligne droite, orientés O.-E., le visage face au soleil levant.

L'intention de sépulture se trouve affirmée non seulement par cette orientation commune, mais encore par la présence sur le côté de la tête de chaque corps, de deux dalles calcaires — empruntées à la roche de Solutré — hautes en moyenne de $0^m,50$ et placées verticalement. Ces dalles ne descendaient pas tout à fait jusqu'au niveau du crâne et devaient émerger du sol de l'époque, simple repère d'une sépulture. Une disposition analogue de dalles calcaires a été signalée par M. Verneau auprès des squelettes aurignaciens des Grottes de Grimaldi. On peut aussi les rapprocher des dalles fichées en terre, au-dessus des cadavres, dans les cimetières indigènes actuels de l'Afrique du Nord.

Ainsi se trouve définitivement démontrée l'existence de sépultures de l'époque aurignacienne à Solutré.

Le squelette n° 2 reposait dans un foyer épais de cendres et d'os calcinés qui nous a livré 316 éclats de silex, tous de petites dimensions et assez mal taillés. Ils rappellent l'outillage lithique que nous avons trouvé dans le magma : lames sans retouche, plus ou moins ébréchées, quelques perçoirs d'un travail assez délicat, burins d'angle, burins à biseau médian, grattoirs et racloirs de facture banale, percuteurs en galets de quartzite, nuclei divers; aucune pièce en os.

Dans la terre enserrée par les os du crâne 3, une pointe de flèche en silex.

L'ensemble de l'outillage lithique du magma et des foyers immédiatement sous-jacents appartient à l'Aurignacien supérieur. Son identité est complète avec celui de l'abri-sous-roche de la Colombière, étudié par MM. Mayet et Pissot, qui accompagnait la remarquable série de galets

gravés, d'os de Mammouth gravés, aujourd'hui conservés dans les collections préhistoriques de l'Université de Lyon.

Principaux caractères anthropologiques des squelettes masculins. — Nous nous bornerons ici à indiquer sommairement les grands caractères morphologiques de nos deux Aurignaciens mâles de Solutré et nous indiquerons qu'ils se placent dans le groupe quaternaire des hommes du type de Cro-Magnon.

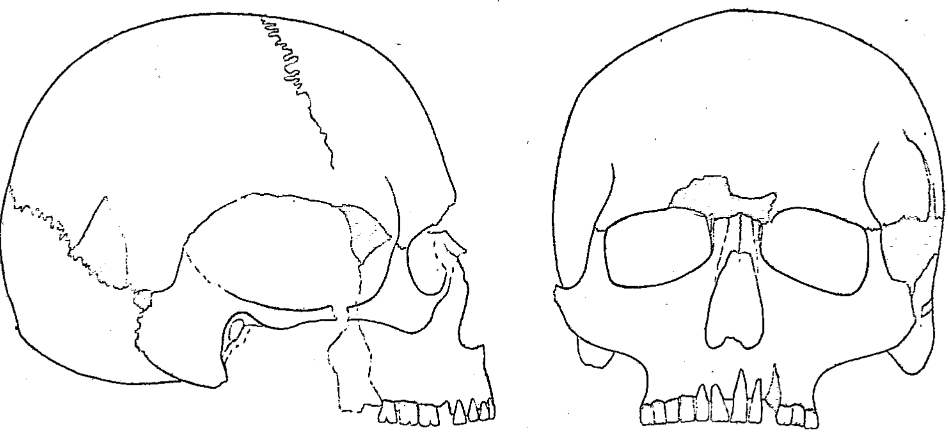


Fig. 1. — Crâne 2, *norma lateralis*. Fig. 2. — Crâne 2, *norma facialis*.

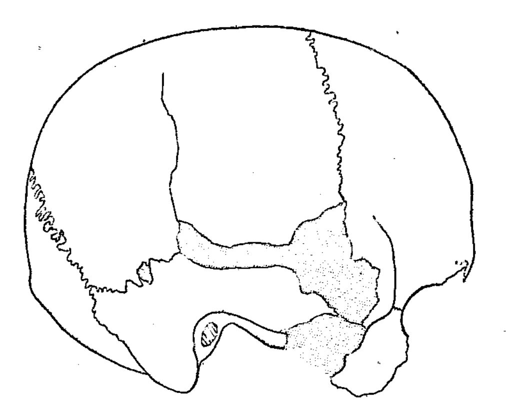


Fig. 3. — Crâne 3, *norma lateralis*.

Taille — calculée ici en utilisant les coefficients de Rollet, préférables à la méthode de Manouvrier (Mayet) — élevée : $1^{m},83$ pour le sujet 2 et $1^{m},75$ pour le sujet 3, âgés l'un et l'autre de 25 à 30 ans.

Os des membres robustes, volumineux, servant d'insertion à des muscles vigoureux, mais sans exagération. Pas de « pilastre » fémoral, pas de pla-

tymérie, pas de fosse sous-trochantérienne; platycnémie tibiale insignifiante (indice = 65,7 et 65,2); péronés non cannelés.

Rapport normal des segments des membres, c'est-à-dire absence d'allongement notable de l'avant-bras par rapport au bras, de la jambe par rapport à la cuisse, du membre supérieur par rapport au membre inférieur.

Crâne mésaticéphale, presque sous-brachycéphale (crâne 2 : 79,34; crâne 3 : 79,12), avec voussure dépassant la moyenne (H. auriculo-bregmatique, 127^{mm} et 120^{mm}) et grande capacité cranienne évaluée provisoirement à 1690^{cm^3} et 1600^{cm^3}.

Courbe sagittale harmonieuse : le front bien développé s'élève à peine obliquement, la portion pariétale est longue, la ligne occipitale descend presque verticalement. Courbe horizontale indique une tendance à la forme pentagonale en raison de l'accentuation des bosses pariétales.

Face très large (D. bizygomatique, 143^{mm}) et basse (H. nasio-alvéolaire, 73^{mm}), mais sans trop grande dysharmonie avec le crâne, large aussi. Orbites rectangulaires, basses, franchement microsèmes (Ind. 68,1). Nez allongé, étroit, fortement leptorhinien (Ind. 44,6).

Mâchoire inférieure (2) exagérément haute (39^{mm}). Menton s'infléchissant à son extrémité et creusant son bord inférieur en une petite incisure sous-mentale. Angle mandibulaire : 113°. Cet aspect archaïque de la mandibule s'atténue chez le sujet 3 : H. = 36^{mm}; angle 122°; menton non échancré.

Aucune prognatisme ni supérieur, ni inférieur.

Squelette féminin. — Femme d'environ 23 à 25 ans. Indice céphalique de 77,7. Face et nez devaient être larges. Mandibule relativement forte et haute. Mais en raison des variations individuelles ou sexuelles, il serait hasardeux de comparer ce squelette aux deux précédents et d'autre part la pénurie de documents féminins aurignaciens est grande.

Conclusions. — 1° Les fouilles que nous avons poursuivies en 1922 et 1923 au Crot-du-Charnier (Solutré) ont définitivement précisé la stratigraphie de ce célèbre gisement préhistorique, donnant ainsi une base solide et une orientation précise aux recherches ultérieures.

2° Deux squelettes masculins, adultes, ont été découverts en septembre dernier, formellement datés de l'époque aurignacienne. Ils sont à rapporter à la race de Cro-Magnon. Mais nos chasseurs de chevaux de la vallée de la Saône ont un crâne beaucoup moins allongé qu'il n'est habituel chez les Cro-Magnons de la Vézère et des grottes de Grimaldi. Ils possèdent une individualité propre qui témoigne d'un certain flottement,

sinon de variations assez étendues, dans la morphologie d'un groupe humain considéré jusqu'ici comme assez homogène.

Il serait superflu d'insister sur l'importance de ces deux documents paléontologiques.

3° La mise au jour de ces sépultures aurignaciennes tranche définitivement par l'affirmative l'importante question, très controversée, des sépultures paléolithiques à Solutré.

M. **H. Lecomte** fait hommage des fascicules 9 du tome II [*Ombellifères*, par H. Chermezon; *Araliacées*, par R. Viguier; *Cornacées*, par F. Evrard], et 2 du tome III [*Rubiacées* (suite), par J. Pitard] de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Kœhler. *Ophiurians of the Philippine seas and adjacent waters.* (Présenté par M. L. Joubin.)

2° *Plantes économiques et officinales*, par A. Guillaumin. (Présenté par M. L. Mangin.)

COSMOGONIE. — *Sur la formation des systèmes planétaires et des systèmes stellaires.* Note [1] de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. Appell.

Notre système solaire et planétaire est caractérisé, au point de vue mécanique, par la somme des moments des quantités de mouvement, qui est un *invariant* du système. Toutes les hypothèses cosmogoniques ont pris ce moment comme donné, alors que le point essentiel consiste à en expliquer l'origine. Je veux montrer comment toute condensation d'étoile doit aboutir nécessairement à donner un moment de rotation à une partie de la masse, et former un système planétaire, ou parfois une étoile double.

---

[1] Séance du 1er octobre 1923.

J'avais déjà étudié le *temps* et la *température* de formation centrale d'un astre, dans un milieu nébulaire, où se trouvent des centres de condensation (¹).

Pour résoudre le problème actuel, j'ai étudié l'action des forces normales au rayon vecteur, exercées par les centres voisins, dans le cas le plus défavorable, mais le plus simple, celui d'une répartition cubique homogène des centres de condensation. La force de déviation, nulle le long des axes de symétrie, atteint les 0,03 de la force d'attraction à la distance 0,6 du rayon d'action d'un centre.

En donnant au centre solaire un rayon d'action égal à 100 000 fois la distance de la Terre, un ensemble de particules, parti de la distance 0,6, prend à la distance 0,5 une vitesse normale au rayon vecteur de 37^{m} par seconde et de 214 m : sec à 0,2. Il acquiert ainsi un moment de rotation total tel que, en arrivant au voisinage du Soleil, sa distance périhélie est de 2,25 unités astronomiques.

Au lieu d'une répartition homogène, si l'on donne au centre voisin, qui exerce la déviation la plus forte, une masse seulement 0,1 plus grande, le moment de rotation des particules considérées est presque triplé et leur distance périhélie devient égale à 16. Or le rayon de giration du système planétaire est de 6,55, voisin de celui de Jupiter. On dispose donc d'un moment de rotation plus que suffisant.

On voit ainsi qu'autour du centre de condensation primitif il se produit des *zones de déviation*, correspondant à chacun des centres voisins. Les zones intermédiaires non déviées ont formé d'abord le *Soleil* (1re phase). Les éléments de la zone de déviation la plus voisine, qui avaient aussi le plus faible moment de rotation, ont formé ensuite les *planètes* (2e phase). Les autres zones, ayant une distance périhélie plus grande, ont passé plus loin et plus tard, pour former d'autres planètes et les *comètes* (3e phase). La masse de ce dernier système est la plus considérable.

Si la masse qui tombe provient d'un centre de condensation secondaire assez éloigné, l'orbite restera très allongée et l'on aura un système d'*étoile double*.

Au voisinage du centre d'attraction, *les orbites deviendront rapidement circulaires*. Les masses formées s'augmentent en effet de toutes les particules rencontrées. C'est la forme pratique de la résistance du milieu. J'ai étudié

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 844; t. 170, 1920, p. 40 et 1565; t. 171, 1920, p. 707.

déjà la variation du rayon avec la masse dans le cas des orbites circulaires (¹).
Dans le cas général on aura pour la conservation des moments

$$m^2 C^2 = f M m^2 a (1 - e^2) = f M m^2 \rho (1 + e) = \text{const.},$$

où C est la constante des aires, ρ la distance périhélie, M la masse centrale.
De plus la variation de l'excentricité, en fonction de la masse, devient, en tenant compte de la conservation des quantités de mouvement,

$$\frac{de}{1+e} = -2 \frac{(1+e)\cos u}{1 - e\cos u} \frac{dm}{m} = -2(e + \cos w) \frac{dm}{m}.$$

Pour une orbite un peu allongée, l'action de la résistance est surtout sensible au voisinage du périhélie, où $\cos u = 1$. Un accroissement de masse de 0,1 seulement y réduirait l'excentrité à 0,6. La distance périhélie serait conservée et l'aphélie serait seulement 2,58 fois plus éloignée. Dans ce cas limite, il suffit, pour donner une orbite circulaire, que le rapport de la masse finale à la masse primitive soit égale à $\sqrt{2}$ et le rayon de l'orbite reste égal à la distance perihélie. Toutes choses égales, le rapport $dm : m$, et par conséquent de, serait inverse du rayon de la masse et considérable pour des masses faibles, de l'ordre de celles des comètes, ce qui serait le cas ici.

Si l'on calcule les quantités de mouvement et les moments des quantités de mouvement pour un ensemble de particules, qui passent au périhélie, à une distance maximum $\pm x$ de part et d'autre de r_0, distance de leur centre de gravité, on obtient

$$\Sigma mrv = M r_0 v_0 \left(1 + \frac{1}{8} \frac{x^2}{r_0^2} \cdots\right) = r_0 \Sigma mv \left(1 + \frac{1}{6} \frac{x^2}{r_0^2} \cdots\right).$$

Le moment de rotation total Σmrv est plus grand que le moment de la quantité de mouvement résultante $r_0 \Sigma mv$. L'ensemble, supposé solidifié ou condensé en une planète, aura donc un moment de rotation en excès et tournera dans le *sens direct*. Les particules plus éloignées seules pourront rester indépendantes de l'ensemble et tourner dans le sens rétrograde.

Ces calculs suffisent pour nous donner *les grandes lignes de la formation d'un système*, pour les quantités invariantes, les seules qui importent ici. Toutes les autres quantités, même les distances et grands axes, dépendent trop des perturbations et actions du milieu pour qu'on puisse essayer de remonter aux origines. Car on peut toujours aboutir aux valeurs actuelles en partant de valeurs originelles à peu près quelconques.

(¹) *Bull. ast.*, 1921; *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 267.

Si nous poursuivons l'*évolution ultérieure* des astres formés, nous voyons que si l'une des planètes, ou le satellite d'une étoile double, est assez voisin, il finit par tomber sur l'étoile centrale. La conflagration donnera une *étoile nouvelle*, puis *étoile nébuleuse*, où la pression de radiation va chasser une enveloppe de particules, qui pourra être maintenue en équilibre à une assez grande distance, et donner ainsi une *étoile géante* (1).

De même on calcule que, dans la suite, l'attraction condensera les étoiles en *amas*, comme elle a condensé les particules en systèmes de planètes et de comètes. Ce sont les mêmes formules. Les vitesses moyennes des amas seront de 10 à 20 fois celles des étoiles, c'est-à-dire de l'ordre de 300 km : sec, comme l'indiquent les observations.

Finalement, deux amas voisins pourront entrer en collision, comme les composantes d'une étoile double, et produire une immense conflagration, où la pression de radiation, combinée à la rotation, chassera les particules par deux pôles opposés en donnant une *nébuleuse spirale* (2).

J'ai montré enfin comment la *rapidité de l'évolution* dépend seulement de la densité primitive du milieu, ou de la fréquence des centres de condensation (3). La Voie lactée est une *région* où l'évolution, relativement peu avancée, n'a formé encore que les étoiles. Les amas y sont ouverts, ou à peine amorcés. Dans le voisinage, l'évolution est plus avancée et les amas d'étoiles y sont déjà individualisés. Plus loin encore, les amas sont entrés déjà en collision pour former les nébuleuses spirales, nous montrant ainsi les *trois phases de l'évolution stellaire*.

MAGNÉTISME. — *Essai d'une bobine sans fer donnant des champs magnétiques intenses. Application à l'étude de la saturation magnétique du fer.* Note (4) de MM. **R. Fortrat** et **P. Dejean**, présentée par M. J.-L. Breton.

Dans cette Note nous faisons connaître les résultats des premiers essais effectués sur un appareil étudié par M. A. Cotton, avec la collaboration de MM. Piccard et Huguenard, et destiné à produire des champs magnétiques intenses par l'action directe de forts courants électriques.

L'appareil contient, comme d'autres déjà réalisés, une cavité annulaire

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 666.
(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 957.
(3) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 42.
(4) Séance du 10 septembre 1923.

où vient se loger une bobine sans fer refroidie par un violent courant d'eau. Il s'en distingue d'abord par les dimensions du *creux* de la bobine qu'on a choisies à dessein relativement élevées au détriment des valeurs nominales des champs produits. Ce creux, défini par le diamètre minimum de l'enroulement, n'a pas moins de 39^{mm} de diamètre, et le tube central autour duquel se trouvent les spires laisse à son intérieur un espace libre cylindrique de 34^{mm} de diamètre. D'autre part l'enroulement ne comprend qu'un petit nombre (8 dans le cas de nos essais) de couches concentriques formées simplement de gros fil de cuivre électrolytique de section rectangulaire, laissant entre elles des espaces annulaires où l'eau circule, mais chaque couche est formée de *plusieurs* spires presque jointives séparées seulement par une mince couche d'émail sur leurs faces contiguës. Le nombre des spires de chaque couche et la section du fil vont tous deux en croissant à mesure qu'on s'écarte de l'axe, de telle façon qu'on se rapproche des conditions du maximum de rendement.

Un premier essai avait montré que l'enroulement dont l'appareil était pourvu pouvait supporter un courant de 4740 ampères et absorber 277 kilowatts, l'eau de refroidissement étant simplement celle de la rivière qui fait tourner les turbines de l'usine : toutefois il est nécessaire de la filtrer à travers une toile métallique. Dans les essais dont nous rendons compte aujourd'hui et qui avaient nécessité une retouche des enroulements, nous n'avons pas dépassé les courants précédemment employés, mais nous avons profité de la grandeur du creux de la bobine pour travailler effectivement, pendant plusieurs heures, à des expériences utilisant les champs déjà réalisés.

Nous avons d'abord entrepris la mesure du champ et sa topographie. Nous avons trouvé, comme il était facile de le prévoir, que le champ diminue à partir du centre de la bobine quand on se déplace sur son axe, et augmente au contraire quand on s'écarte du centre en restant dans le plan équatorial et en se rapprochant des spires. Le champ, dans la partie centrale, a été mesuré de deux façons : par induction et par dénivellation de l'eau. Avec une bobine de 30^{mm} de diamètre, placée perpendiculairement à l'axe de la bobine et reliée à un fluxmètre étalonné, nous avons trouvé, pour un courant de 3530 ampères, un champ de 41200 gauss. La différence de potentiel aux bornes de la bobine était alors 51,8 volts : on voit donc que la production de ce champ exige seulement une puissance de 13 kilowatts, puissance très modérée étant données les dimensions de l'espace utilisable. Nous avons également fait la mesure du champ par la

méthode de dénivellation, le liquide étant de l'eau distillée placée sous une atmosphère d'hydrogène [1]. Nous avons mesuré une dénivellation de $7^{mm},07$ qui correspond à un champ de 43900 gauss, le courant utilisé étant cette fois 3790 ampères. Les deux valeurs ramenées au même courant s'accordent à moins de 1 pour 100; il convient de remarquer que dans la deuxième méthode on mesurait une valeur moyenne du champ dans un un cercle de 28^{mm} de diamètre contenant l'axe de la bobine.

Nous avons ensuite utilisé l'installation à des mesures sur l'aimantation du fer; celle-ci n'avait été étudiée jusqu'ici que dans les champs inférieurs à 15000 gauss et il était intéressant d'aller au delà. Dans la partie centrale de la cavité de la bobine, là où le champ varie le plus lentement, nous avons placé un ellipsoïde de révolution en fer (longueur du grand axe parallèle au champ 30^{mm}, diamètre équatorial $4^{mm},98$) autour duquel pouvait glisser une bobine reliée au fluxmètre. Le champ étant établi on retirait l'ellipsoïde et on lisait la déviation du fluxmètre. Le fer employé avait été étudié par l'un de nous dans des recherches antérieures [2].

Pour son intensité d'aimantation on avait trouvé :

Dans un champ de 1140 gauss................ $I = 1700$

Toutes corrections faites nous avons trouvé :

Dans un champ de 23500 gauss............... $I = 1710$
Dans un champ de 38950 gauss............... $I = 1720$

Ces mesures, qui confirment l'extrême lenteur avec laquelle se produit la saturation du fer, permettent aussi de calculer le gain que l'on peut espérer obtenir en introduisant des noyaux de fer dans la bobine. Nous avons fait quelques essais dans cette direction en introduisant dans la cavité des cylindres plats découpés dans une barre cylindrique de fer de 20^{mm} de diamètre et faite du même fer que l'ellipsoïde. Deux de ces pièces étaient alignées sur l'axe de la bobine; elles laissaient entre elles un entrefer de $2^{mm},4$ où était logée la bobine d'exploration de 15^{mm} de diamètre reliée au fluxmètre. Le champ étant établi on lisait la déviation du fluxmètre résultant de l'extraction des noyaux. Avec des disques de 5^{mm} d'épaisseur nous avons trouvé que le gain apporté par leur présence était d'environ 7100

(1) Nous nous proposons de reprendre cette mesure dans des champs plus intenses et en employant aussi une atmosphère d'oxygène; nous pourrons ainsi mesurer la susceptibilité de ce gaz paramagnétique dans ces champs élevés.

(2) P. Dejean, *Ann. de Phys.*, t. 18, 1922, p. 171.

gauss, que le champ initial fût 19000 ou 35000. Deux disques de 10^{mm} d'épaisseur augmentaient de 11700 un champ initial de 19000 gauss. L'hétérogénéité du champ produit une attraction magnétique considérable dès que les pièces polaires ne sont pas très courtes; c'est ainsi que nous ne pouvions plus retirer ces disques de 10^{mm} d'épaisseur d'un champ de 35000 gauss. Nous nous proposons de modifier la méthode pour poursuivre cette étude sur des noyaux plus longs et plus larges et dans des champs encore plus intenses.

PHYSIQUE. — *Les quanta, la théorie cinétique des gaz et le principe de Fermat.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Deslandres.

I. Planck et Nernst ont montré que l'idée de quantum devait être introduite dans la théorie cinétique des gaz, en vue de calculer les constantes d'entropie et les constantes chimiques dont l'importance est si grande en thermodynamique. Dans ce but, Planck a été amené à choisir un élément d'extension en phase égal

$$\frac{1}{h^3} dx\, dy\, dz\, dp\, dq\, dr = \frac{4\pi}{h^3} m_0^{\frac{3}{2}} \sqrt{2w}\, dw\, dx\, dy\, dz,$$

où x, y, z, p, q, r sont les coordonnées et les quantités de mouvement de l'atome, m_0 sa masse propre, w son énergie cinétique, h la constante d'action. Nous sommes aujourd'hui en mesure de justifier cette hypothèse.

Chaque atome de vitesse βc peut être considéré comme lié à un groupe d'ondes dont les vitesses de phase sont $V = \frac{c}{\beta}$, les fréquences $\frac{1}{h} \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$, et la vitesse de groupe $U = \beta c$. L'état du gaz ne pourra donc être stable que si les ondes correspondant à tous les atomes forment un système d'ondes stationnaires; suivant une méthode connue donnée par Jeans, on trouve pour le nombre des ondes stationnaires contenues dans l'unité de volume et dont les fréquences sont comprises entre ν et $\nu + d\nu$:

$$n_\nu\, d\nu = \frac{4\pi}{UV^2} \nu^2\, d\nu = \frac{4\pi}{c^3} \beta \nu^2\, d\nu.$$

Les quantités ν et w sont reliées par la relation

$$h\nu = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = w + m_0 c^2 = m_0 c^2 (1 + \alpha) \qquad \left(\alpha = \frac{w}{m_0 c^2}\right),$$

d'où

$$n_\nu \, d\nu = \frac{4\pi}{h^3} m_0^2 c(1+\alpha)\sqrt{\alpha(\alpha+2)}\, dw.$$

Chaque onde peut transporter zéro, un, deux ou plusieurs atomes, de telle sorte que, d'après la loi de distribution canonique, le nombre des atomes d'énergie totale $h\nu$ dans l'élément de volume est

$$\text{const.}\frac{4\pi}{h^3} m_0^2 c(1+\alpha)\sqrt{\alpha(\alpha+2)}\, dw\, dx\, dy\, dz \frac{\sum_1^\infty n e^{-\frac{nh\nu}{kT}}}{\sum_0^\infty e^{-\frac{nh\nu}{kT}}}.$$

Considérons d'abord un gaz matériel dont les atomes ont une masse relativement grande et, par suite, des vitesses relativement petites. Nous pouvons négliger tous les termes de la série, excepté le premier, et poser

$$1+\alpha = 1.$$

Le nombre d'atomes d'énergie cinétique w est donc

$$\text{const.}\frac{4\pi}{h^3} m_0^{\frac{3}{2}} \sqrt{2w}\, dw\, dx\, dy\, dz\, e^{-\frac{w}{kT}},$$

résultat qui justifie la méthode de Planck et conduit à la forme usuelle de la loi de Maxwell.

Dans le cas d'un gaz formé d'atomes de lumière, α est toujours grand et nous devons employer toute la série. En raison de la symétrie binaire interne imposée par l'analogie ondulatoire, nous devons introduire un facteur 2 et la méthode esquissée dans notre article du *Journal de Physique* de novembre 1922 conduit à la loi de Planck pour la densité d'énergie :

$$\rho_\nu \, d\nu = \frac{8\pi h}{c^3}\nu^3 \sum_1^\infty e^{-n\frac{h\nu}{kT}}\, d\nu = \frac{8\pi h}{c^3}\nu^3 \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1}\, d\nu.$$

II. Cherchons à préciser les idées exposées dans nos Notes précédentes. Si, dans un certain milieu, un corps décrit une trajectoire courbe, nous disons qu'il y existe un champ de force et en chaque point le principe de l'énergie permet de déduire la vitesse du corps de la valeur constante de son énergie totale. Pour assurer l'accord de phase entre l'onde et le mobile, on est conduit à supposer que l'onde de phase d'un mobile d'énergie totale donnée a en chaque point une fréquence et une vitesse fixée par la valeur

qu'aurait la vitesse du corps s'il se trouvait en ce point. Sans doute, une théorie électromagnétique élargie nous donnera le mécanisme de cette propagation complexe. Il semble que nous connaissions par avance sa conclusion principale : « Les rayons des ondes de phase coïncident avec les trajectoires dynamiquement possibles. » En effet, les rayons se calculeront comme dans un milieu de dispersion variable par le principe de Fermat, qui s'écrit ici

$$\delta \int \frac{\nu\, ds}{V} = \delta \int \frac{m_0 \beta c}{h\sqrt{1-\beta^2}}\, ds = 0,$$

alors que le principe de moindre action sous la forme Maupertuisienne détermine les trajectoires par l'équation

$$\delta \int m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - \sqrt{1-\beta^2} \right) dt = \delta \int \frac{m_0 \beta c}{\sqrt{1-\beta^2}}\, ds = 0.$$

Le lien fondamental qui unit les deux grands principes de l'Optique géométrique et de la Dynamique est mis ainsi en pleine lumière. Parmi les trajectoires dynamiquement possibles, certaines jouiront de la propriété particulière d'être en résonance avec l'onde de phase ; ce sont les trajectoires stables de Bohr pour lesquelles $\int \frac{\nu\, ds}{V}$ est un nombre entier.

Remarquons que l'intégrale de Fermat fait intervenir le produit d'une fréquence par un temps et l'action ne s'introduit que par suite de la proportionnalité de l'énergie et de la fréquence. Cette proportionnalité reste un postulat dont le sens physique n'est pas éclairci ; elle constitue sans doute un des aspects de la liaison de l'espace et du temps et, comme notre expérience usuelle nous a habitué à dissocier ces deux notions, elle garde un caractère très peu intuitif.

OPTIQUE. — *Sur une question de perspective photographique.* Note (1) de M. **L.-P. Clerc**, présentée par M. L. Lumière.

On admet communément, depuis E. Abbe, que l'image réelle projetée par un objectif (image que, pour éviter toutes confusions, nous appellerons par la suite la photographie) est identique, à l'échelle près, à la perspective obtenue en prenant comme point de vue le centre de la pupille d'entrée

(1) Séance du 1er octobre 1923.

(image virtuelle du diaphragme d'ouverture au travers des éléments de l'objectif précédant le diaphragme) et comme tableau le plan de mise au point, plan-objet conjugué de l'écran (verre dépoli, ou émulsion sensible, par exemple) sur lequel est reçue la photographie.

On admet en même temps que, pour la restitution correcte des diamètres apparents des divers objets représentés, l'œil doit être placé, relativement à la photographie, dans la position qu'occupait le centre de la pupille de sortie (image virtuelle du diaphragme d'ouverture au travers des éléments de l'objectif placés à la suite du diaphragme).

Si la première de ces propositions, dont nous rappelons ci-après la démonstration classique, est assurément indiscutable, la seconde ne paraît pas avoir été démontrée, mais seulement déduite de la première par analogie; nous nous proposons de démontrer qu'elle est inexacte.

Tout point de l'espace-objet envoie à l'objectif un cône de rayons, ayant pour sommet le point considéré et pour directrice le contour de la pupille d'entrée; ceux de ces cônes dont le sommet n'est pas dans le plan de mise au point découpent dans ce plan un cercle, d'autant plus grand que le sommet est plus éloigné du plan de mise au point; c'est l'image de ce cercle qui, en fait, se substitue dans la photographie à l'image du sommet du cône correspondant. Quand on réduit indéfiniment l'ouverture du diaphragme, il se réduit à son centre, et les cônes projetants se réduisent aux rayons principaux, droites joignant respectivement le centre de la pupille d'entrée aux divers points de l'espace-objet, leurs intersections avec le plan de mise au point étant précisément les centres des taches circulaires correspondantes. La projective dans le plan de mise au point (que nous appellerons par la suite le tableau) a donc bien comme point de vue le centre de la pupille d'entrée et, pour distance principale, la distance D de ce centre au plan du tableau.

Si la photographie est une réduction homothétique (cas d'un objectif exempt de distorsion) de ce tableau à l'échelle $\frac{1}{m}$, le point de vue de cette perspective réduite est situé sur l'axe optique principal à une distance $\frac{D}{m}$ du plan de la photographie, point qui ne coïncide avec le centre de la pupille de sortie que dans le cas particulier où, le diaphragme coupant l'axe principal au centre optique, les centres des pupilles sont confondus avec les points nodaux. En tout autre cas, le grossissement de l'une des pupilles relativement à l'autre, au travers de l'objectif complet, est différent de l'unité, et par conséquent les deux demi-droites joignant respectivement les centres des pupilles à un point du tableau et au point homologue de la photographie (soit donc les deux portions extérieures de chaque rayon principal) ne sont pas parallèles.

Dans le cas particulier où le diaphragme a une ouverture infiniment petite, la photographie n'est effectivement formée que par les seuls rayons principaux issus du centre de la pupille de sortie, mais il ne s'ensuit pas que ce point jouisse des propriétés perspectives du point de vue.

Quand on reproduit photographiquement, non plus le tableau que nous avons considéré dans le plan de mise au point, mais un dessin perspectif matérialisé (peinture, dessin d'architecture, etc.) sans même s'astreindre (ce qui serait d'ailleurs inutile) à ce que l'axe optique coupe ce dessin en son point principal, la photographie sera bien encore formée, si l'on suppose l'ouverture du diaphragme infiniment petite, par les seuls rayons principaux issus du centre de la pupille de sortie, mais il ne viendrait à personne l'idée de considérer ce point comme le point de vue de la perspective réduite qu'est la photographie ainsi obtenue. Il semble cependant que ce soit une confusion du même ordre qui ait fait considérer le centre de la pupille de sortie comme le point de vue des photographies obtenues directement d'objets à trois dimensions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques à propos de la relation entre le module de Young et le volume atomique.* Note de M. **Albert Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

M. Thadée Peczalski a donné récemment (1) une formule reliant le module de Young E à la densité δ et à la masse atomique M

$$E = 8.10^5 \left(\frac{\delta}{M}\right)^2 \qquad \text{(en kg/mm}^2\text{)}.$$

Il y a plus de trente ans, Herbert Tomlinson (2), Sutherland (3), puis Fessenden (4) avaient déjà attiré l'attention sur la relation existant entre les modules de Young et de Coulomb et le volume atomique des métaux, relation qui s'exprimerait, d'après Fessenden, par les formules

$$E = 78\frac{10^4}{V^2} \qquad \text{(en kg/mm}^2\text{ pour le module de Young)},$$

$$\mu = 28\frac{10^4}{V^2} \qquad \text{(en kg/mm}^2\text{ pour le module de Coulomb)}.$$

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 500.
(2) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1883, p. 32.
(3) *Phil. Mag.*, août 1891, p. 41.
(4) *Chem. News*, vol. 66, 1892, p. 206.

V étant le volume atomique $\frac{M}{\delta}$. La première de ces formules est identique à celle de M. Thadée Peczalski.

Elle donnait à peu près satisfaction pour les métaux dont le module était connu à cette époque; mais elle fournit des résultats notoirement inférieurs pour les métaux réfractaires à module élevé que l'on connaît actuellement par exemple :

	E. 10^{-3}	
	Module calculé.	Module mesuré.
Rhodium	11,5	28
Tantale	6,7	18,6
Tungstène	8,0	42,2

On trouverait par contre des résultats plus satisfaisants en adoptant des relations empiriques de la forme $E = k\frac{T^a}{V^b}$, où T est la température absolue de fusion; a voisin de 1 et b voisin de 2.

D'autre part, divers auteurs se sont efforcés de relier les coefficients élastiques, notamment le module de compressibilité c (ou son inverse la compressibilité β) à différentes grandeurs physiques telles que la tension superficielle γ ($\gamma\beta^{\frac{4}{3}} =$ const. d'après Richards et Mathews), le coefficient de dilatation cubique 3α $\left(\frac{3\alpha V}{\beta} = \text{const. d'après Gruneisen}\right)$ et la chaleur spécifique C $\left(c = \frac{C\delta}{3\alpha} \text{ d'après Ludwik}\right)$. Il est facile de se rendre compte que ces diverses relations se rattachent aux formules précédentes, si l'on se rappelle que la tension superficielle est fonction du volume atomique V (Smith), que la chaleur spécifique est reliée à la masse atomique par la loi de Dulong et Petit et que le coefficient de dilatation varie en sens inverse de la température absolue de fusion (Carnilley, Broniewsky).

Ces relations ne sont d'ailleurs qu'approchées; elles fournissent parfois un accord remarquable avec certains résultats expérimentaux, particulièrement la formule de Ludwik [1]. Mais en ce qui concerne la prévision de l'ordre de grandeur des modules, elles n'offrent pas les mêmes avantages que les formules ci-dessus, car la connaissance des grandeurs physiques

---

[1] Ne s'applique que dans le cas de métaux cristallisant dans le système régulier, non polymorphes, ayant à peu près le même coefficient de Poisson et en prenant naturellement des valeurs numériques relatives à une même température.

intervenant dans ces relations implique la possession d'échantillons suffisants pour une détermination expérimentale directe des coefficients élastiques.

M. Thadée Peczalski a étendu la formule aux composés définis $A^m B^n$, en prenant pour masse moléculaire celle calculée par la règle des mélanges $M = \frac{\Sigma m A}{\Sigma m}$ et en donnant un seul exemple, celui du chlorure de sodium qui est satisfaisant. A vrai dire, on ne possède que très peu de données numériques expérimentales des modules pour les composés définis, à part celles de Voigt (1887 à 1890) et d'Auerbach (1896) sur divers minéraux; ces résultats sont variables suivant la direction cristallographique. Récemment, L. H. Adams et E. D. Williamson (1) ont donné des valeurs de la compressibilité pour divers minéraux, desquelles on peut déduire une évaluation du module d'élasticité applicable aux agrégats quasi isotropes de ces minéraux, en admettant 0,25 — 0,27 pour coefficient de Poisson (2). Voici quelques termes de comparaison :

	E. 10^{-3} kg/mm².		
	Calculé.	Mesuré directement.	Déduit de la compressibilité (3).
KCl (sylvine).......	2,9	1,9 à 3,7	2,7
$CaCO^3$ (calcite).....	9,6	5,8 à 9	10,6
CaF^2 (fluorine).....	11	9 à 14,7	16
SiO^2 (quartz)......	13,5	7,8 à 10,3	5,7
FeS^2 (pyrite).......	12,3	25 à 35	21
Al^2O^3 (corindon)....	32	52	36

On relève des écarts importants, mais qui ne sont guère supérieurs, à ceux relevés entre les résultats expérimentaux obtenus directement ou déduits de la valeur de compressibilité; de sorte que pour les composés définis, on peut, par cette formule, avoir *a priori* une indication sur l'ordre de grandeur des modules.

---

(1) *On the Compressibility of Minerals and Rocks at high Pressures, Journ. Franklin Inst.*, t. 95, avril 1923, p. 475.

(2) Valeurs trouvées expérimentalement par F. D. Adams et F. G. Coker pour les roches basiques et les granites et en accord avec les données sismologiques sur le rapport de vitesses longitudinales et transversales de propagation des ondes sismiques.

(3) D'après les résultats d'Adams et Williamson (*loc. cit.*) complétés par ceux de E. Madelung et R. Fuchs (*Ann. Physik*, t. 45, 1921, p. 289).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de petites variations de température sur la conductibilité des sels solides et le rôle de l'humidité dans le phénomène*. Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai déjà eu l'occasion de signaler (1) les variations de conductibilité considérables que déterminent sur certains sels à l'état solide de faibles variations de température. J'ai étendu depuis cette étude à un assez grand nombre de sels, en utilisant à cet effet un appareil Saladin à deux galvanomètres dont l'un branché sur le circuit à résistance en même temps qu'une force électromotrice convenable (2) et l'autre fermé sur un couple thermoélectrique ayant une soudure à température constante et la seconde en contact avec l'échantillon. Les variations de température de celui-ci (25° au maximum) étaient produites par un petit four électrique immergé dans un bain à circulation d'eau réglé de façon qu'échauffement et refroidissement se fissent sensiblement à la même vitesse (2° par minute environ).

Les courbes conductibilité-température enregistrées par l'appareil sont de deux types distincts suivant le mode de préparation de l'échantillon. En premier lieu, si celui-ci, préalablement pulvérisé, a été délayé dans la colle puis séché, les courbes de refroidissement et d'échauffement se superposent à peu près exactement et la variation de conductibilité, dans les limites de température utilisées, satisfait très sensiblement à la formule de Richardson

$$c = a T^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{b}{T}}$$

avec des valeurs du coefficient b (1520 pour $NaCl$ par exemple) du même ordre de grandeur que celles que l'on observe dans l'émission d'ions positifs par les sels fortement chauffés (3). Le temps intervient peu dans le phénomène et un second chauffage, succédant au premier après un intervalle plus ou moins long, donne sensiblement la même courbe de variations.

Les phénomènes sont différents avec un sel simplement pulvérisé puis

(1) *Journal de Physique et Radium*, 6e série, t. 3, no 3, mars 1922, p. 87-100.

(2) Comprise entre 0,1 et 160 volts.

(3) Dans le phénomène actuel, il y a vraisemblablement intervention des deux groupes d'ions, ainsi qu'en témoigne l'altération lente des deux électrodes; d'autre part, le courant reste proportionnel à la force électromotrice appliquée dans les limites où varie cette dernière et il ne peut être question de saturation.

comprimé entre les électrodes, ou encore avec une lame cristalline compacte. Dans ce cas, lors d'un premier chauffage, la conductibilité augmente d'abord rapidement, passe par un maximum, puis décroît constamment; elle continue à décroître pendant le refroidissement en sorte que le cycle n'est point fermé et que, après retour à la température initiale, la conductibilité est devenue notablement plus petite qu'au départ; un second chauffage succédant immédiatement au premier donne lieu à des variations analogues mais à amplitude beaucoup plus réduite; un troisième chauffage ne donne plus aucune variation sensible. La perte de conductibilité n'est toutefois que momentanée. Si l'on maintient l'échantillon quelques heures à la température ambiante, non seulement il reprend sa conductibilité primitive, mais il la dépasse notablement et, chauffé à nouveau, redonne les phénomènes précédents, avec une amplitude accrue.

NaCl *fondu et pulvérisé.*

		Chauffages consécutifs : n° 1.	n° 2.	n° 3.	7 heures après les premiers : n° 4.
Conductibilité	Initiale......	1	0,2	0,0	9,4
	Maxima.....	2,7	0,4	0,0	25

Lame de spath d'Islande.

		Chauffages consécutifs : n° 1.	n° 2.	n° 3.	24 heures après les premiers : n° 4.
Conductibilité	Initiale......	1	0,07	0,00	2,8
	Maxima.....	7,3	0,44	0,00	19,8

La variation de température conduisant au passage par le maximum est de 19°,5 pour NaCl et seulement de 2°,4 pour le spath.

Ces phénomènes, qu'on observe également quoique de façon beaucoup moins marquée sur les sels très conducteurs comme la galène et la pyrite, conduisent à penser que, dans les sels solides, la conductibilité est en grande partie superficielle et due à un état particulier de la couche périphérique. Cette hypothèse semble justifiée par le rôle que joue dans le phénomène le degré d'humidité de l'air ambiant. D'une façon qui semble générale, la conductibilité d'un sel solide diminue avec l'état hygrométrique, l'effet étant d'autant plus marqué que le corps apparaît comme plus résistant et plus sensible aux variations de température. C'est ce que montrent les quelques chiffres suivants, lesquels donnent les conductibilités : 1° après passage d'air

sec autour de l'échantillon; 2° après passage, consécutif au précédent, d'air saturé, les conductibilités initiales étant prises arbitrairement égales à 1.

	Spath (350 mégohms).		Na Cl (192000$^{\omega}$).	Galène (53$^{\omega}$).		Pyrite (5$^{\omega}$).
Air sec :						
Durée du passage (en min.).	10	15	30	30	plus. h^{res}	30
Conductibilité	0,012	0,000	0,10	0,77	0,317	0,80
Air saturé :						
Durée du passage (en min.).	5	10	20	10		15
Conductibilité	1,52	101	2,06	1,14		1,03

La propriété d'émettre des ions à basse température paraît donc liée, au moins pour la plus grande part, pour les sels solides, à l'existence à leur surface d'une couche d'humidité d'autant plus adhérente que le sel apparaît comme plus conducteur et moins sensible aux variations thermiques (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Capacités de polarisation en courants alternatifs.* Note de M. V. SORREL, présentée par M. Jean Perrin.

Une petite électrode de platine polarisée plongeant dans un voltamètre à eau acidulée introduit dans le circuit une certaine capacitance qui multiplie la résistance du voltamètre par l'expression $\left(1 + \frac{1}{4\pi^2 F^2 C^2 R^2}\right)^{\frac{1}{2}}$. Vaillant (2) a montré que la capacité C, calculée par la mesure de la résistance apparente et de la résistance ohmique, est proportionnelle à l'intensité du courant lorsqu'il y a électrolyse visible. Vaillant effectuait ses mesures dans les premiers instants du passage du courant. En reprenant ces mesures et en ayant soin d'attendre pour chaque valeur nouvelle de l'intensité du courant que l'équilibre soit établi (pour de faibles densités de courant il faut attendre au moins 48 heures) on obtient en partant de densités de courant beaucoup plus petites que dans les expériences de Vaillant des résultats très intéressants.

La méthode employée pour mesurer la capacité C et la résistance

(1) Dans le cas général, la température intervient pour modifier à la fois l'état hygrométrique à la surface et l'émission thermionique; dans le cas particulier où le sel est délayé dans la colle, la masse est semée intérieurement de petites bulles qui y conservent l'humidité et le second effet intervient à peu près seul.

(2) *Journal de Physique*, février 1919.

ohmique R est celle des trois voltmètres, les différences de potentiel efficaces étant évaluées à l'aide d'un voltmètre amplificateur Abraham et Bloch [1].

I. — *Variations de C avec l'intensité du courant.*

Solution de SO^4H^2 à 10 pour 100. — Courant alternatif : $N = 50$.
Température : 9°. — Surface de la petite électrode : $1^{mm^2},5$.

Densité $\frac{Im.A.}{S^{mm^2}}$.	R (ohms).	$\frac{1}{2FC}$.	C (en μ.F.).	$e = \frac{1}{2\pi FC}$ (en volts).
0,83	100	137	23,8	0,171
2,66	52,9	87	36,6	0,348
4	32,5	70	45,4	0,420
4,66	28	61,4	51,8	0,430
6,6	21,5	44	72,4	0,440
14	13,3	20,8	153	0,437
32	11,6	9,0	353	0,432
54	10,1	5,3	602	0,429
66	9,8	4,38	727	0,438
100	8,7	2,88	1106	0,432

Pour une densité de 100 milliampères par millimètre carré, il n'y a pas d'électrolyse visible; lorsqu'on augmente progressivement l'intensité, il apparaît au début du passage du courant quelques bulles fines qui disparaissent peu à peu lorsque l'équilibre s'établit.

Surface de la petite électrode : $S = 0^{mm^2},125$.

Densité $\frac{Im.A.}{S^{mm^2}}$.	R (ohms).	$\frac{1}{2FC}$.	C (en μ.F.).	$e = \frac{1}{2\pi FC}$ (en volts).
16	89,4	214	14,8	0,428
40	65	86	37	0,430
80	54,4	43,2	73,7	0,432
160	43,6	21,5	149	0,430

Lorsqu'on augmente l'intensité on voit se produire une électrolyse avec dégagement de grosses bulles gazeuses; d'ailleurs la même électrode portée brusquement à 20 milliampères montre une électrolyse franche; les mesures donnent alors les résultats suivants :

Densité $\frac{Im.A}{S^{mm^2}}$.	R (ohms).	$\frac{1}{2FC}$.	C (en μ.F.).	$e = \frac{1}{2\pi FC}$ (en volts).
160	92,1	37	86,1	0,740
200	89,6	29,5	108	0,740
240	91,1	24,8	128	0,744

[1] *Journal de Physique*, août 1920.

Vaillant avait trouvé $= 0,73$ volt pour les mesures faites lorsqu'on observe l'électrolyse.

Avec une électrode de $0^{mm^2},0134$ de section on peut atteindre une densité de 318 milliampères sans observer l'électrolyse e, gardant une valeur constante voisine de 0,430 volt. En augmentant progressivement la valeur de la densité du courant et en faisant les mesures lorsque l'équilibre est atteint, l'électrolyse n'apparaît que pour des valeurs de la densité de courant beaucoup plus grandes que celles observées par Vaillant. De plus, lorsque l'électrolyse est amorcée, on peut redescendre à des valeurs beaucoup plus faibles sans que l'électrolyse cesse, la valeur trouvée pour e étant de 0,74 volt. On peut donc, suivant la façon dont l'état d'équilibre est obtenu, avoir deux valeurs de e pour une même densité de courant, l'intervalle dans lequel on peut avoir ces deux valeurs étant d'autant plus grand que l'électrode est plus petite.

II. — *Variations de C avec la température.*

Surface de la petite électrode : $S^{mm^2},5$.

Température.	R. $I = 21$ m. A.	$\frac{I}{2\pi FC}$.	C.
101°	7,8	20,6	154,6
61,5	9	20,7	153,8
9	13,3	20,8	153,1
	$I = 48$ m. A.		
88	6,3	8,91	357
9	11,6	8,96	353

III. — *Variations de C avec la concentration.*

$I = 2$ m. A., $S = 0^{mm^2},125$.

Solution de SO^4H^2 à 1 pour 100	$C = 15,3$	$e = 0,427$
» à 10 »	14,8	0,428
» à 50 »	13,3	0,480

De l'ensemble de ces mesures faites sur une électrode de platine polarisée lors que l'état d'équilibre a été atteint, il résulte que :

1° Pour de très faibles densités de courant inférieures à 5 milliampères au millimètre carré, la capacité C croît avec le courant et la force électromotrice efficace e appliquée à la petite électrode augmente assez rapidement. Lorsque la différence de potentiel appliquée au voltamètre devient suffisante, la capacité est proportionnelle à l'intensité et e garde une valeur cons-

tante quelle que soit la densité du courant, jusqu'à ce que l'on observe l'électrolyse franche.

Dès l'apparition de l'électrolyse on note en même temps qu'une augmentation dans la résistance ohmique une diminution brusque de la capacité et e prend une valeur plus grande qui reste constante lorsque la densité du courant augmente.

2° La capacité reste sensiblement constante lorsque la température varie.

3° La capacité varie peu avec la concentration, elle augmente faiblement lorsque la concentration diminue.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L. Obtention d'un nouveau glucoside à salicylate de méthyle, la monotropitine.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par L. Guignard.

Dans une première Note ([1]), j'ai montré que le *Monotropa Hypopitys* L. renfermait un glucoside hydrolysable par l'émulsine, glucoside nouveau, auquel j'ai donné le nom de *monotropéine*. J'ai montré également que ce glucoside donnait par hydrolyse au moyen de l'émulsine une matière colorante bleu foncé et que c'était à sa présence que l'on devait attribuer le noircissement de la plante au cours de la dessiccation.

Mais la monotropéine n'est pas le seul principe glucosidique existant dans le *Monotropa Hypopitys* L. Bourquelot ([2]) a montré, en 1896, qu'il renfermait un glucoside générateur de salicylate de méthyle. Il n'a pas obtenu ce glucoside à l'état cristallisé, mais il en a donné quelques propriétés. Il pensait à l'identité de ce glucoside avec la gaulthérine de Schneegans et Gerock ([3]).

La gaulthérine est le glucoside à salicylate de méthyle du *Betula lenta* L. Son étude est incomplète. Son pouvoir rotatoire n'est pas indiqué. Le sucre réducteur qu'elle fournit à l'hydrolyse n'a pas été caractérisé. Mais Schneegans et Gerock n'en donnent pas moins sa constitution : elle serait

---

([1]) *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L. Obtention d'un glucoside nouveau, la monotropéine* (*Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1742).

([2]) *Sur la présence, dans le* Monotropa Hypopitys, *d'un glucoside de l'éther méthylsalicylique et sur le ferment hydrolysant de ce glucoside* (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, t. **3**, 1896, p. 577).

([3]) *Ueber Gaultherin, ein neues Glykosid aus* Betula lenta *L.* (*Arch. Pharm.*, t. **232**, 1894, p. 437).

formée de l'union d'une molécule d'hexose (glucose?) et d'une molécule de salicylate de méthyle. Dans leurs conclusions, ces auteurs ont dépassé leurs résultats expérimentaux.

Le glucoside à salicylate de méthyle du *Monotropa Hypopitys* L. étant différent de la gaulthérine, telle que l'ont décrite Schneegans et Gerock, j'ai proposé de l'appeler *monotropitine*.

Dans les extraits de *Monotropa Hypopitys* L., la séparation de la monotropéine et de la monotropitine est assez facile à réaliser : la monotropitine passe en solution dans l'éther acétique, tandis que la monotropéine, insolúble, reste dans l'extrait. J'ai réussi à obtenir la monotropitine à l'état cristallisé à la suite de longues manipulations au cours desquelles j'ai employé des dissolvants variés : eau, alcool, acétone, éther acétique. Finalement la monotropitine a cristallisé dans l'éther acétique anhydre et elle a été purifiée par cristallisation dans l'acétone anhydre. 5200^g de *Monotropa Hypopitys* L. m'en ont fourni 0^g,50.

La monotropitine cristallise en aiguilles groupées, parfois, autour d'un point commun. Elle est sans odeur. Sa saveur est amère. Elle perd 5,67 pour 100 de son poids, dans le vide, à $+ 50°$, sans s'altérer. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, est $\alpha_D = - 57°,05$ ($p = 0,1578$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -1°48'$). Elle n'est pas réductrice.

Séchée dans le vide, à $+ 50°$, la monotropitine fond à $+ 91°,5$-$92°$ (corr.), après s'être très fortement rétractée à $+ 88°$ (corr.).

Elle est hydrolysée, à $+ 100°$, par l'acide sulfurique à 3 pour 100 en donnant du salicylate de méthyle et du sucre réducteur dans la proportion de 73,44 pour 100. Son indice de réduction enzymolytique est de 467 et le pouvoir rotatoire du sucre formé est $\alpha_D = + 30°$ (environ).

Si la monotropitine avait la constitution que Schneegans et Gerock attribuent à la gaulthérine, elle ne fournirait que 57,2 pour 100 de sucre réducteur; son indice de réduction serait de 333 et le pouvoir rotatoire du sucre formé (glucose) $\alpha_D = + 52°,5$. La discordance est absolue.

La proportion de sucre réducteur formé par hydrolyse fait penser à la présence de deux molécules de sucre pour une de salicylate de méthyle dans la monotropitine, et le faible pouvoir rotatoire du sucre réducteur obtenu fait penser à un mélange équimoléculaire de xylose et de glucose, tel que celui que j'ai déjà rencontré dans le liquide d'hydrolyse de la gentiacauline [1], glucoside du *Gentiana acaulis* L. Un tel glucoside du salicylate de

[1] *Nouvelles recherches sur la gentiacauline* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. **10**, 1914, p. 329).

méthyle fournirait 73,99 pour 100 de sucre (trouvé : 73,44); aurait un indice de réduction enzymolytique de 449 (trouvé : 467) et le mélange de sucres a un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +34°$ (trouvé : $\alpha_D = +30°$). Les concordances sont frappantes.

La monotropitine donne, avec l'orcine et l'acide chlorhydrique, la coloration bleu violet caractéristique des pentoses : elle renferme donc bien un radical pentose dans sa molécule et ce pentose, d'après les propriétés optiques, est vraisemblablement du xylose.

S'il en est bien ainsi (ce que démontrera l'étude que j'ai l'intention de faire dès que j'aurai préparé une nouvelle quantité de ce glucoside), on aura, avec la monotropitine, un nouvel exemple d'un glucoside à essence dédoublé par la gaulthérase et renfermant glucose et xylose, les exemples précédents étant donnés par la primevérine et la primulavérine, glucosides des racines du *Primula officinalis* Jacq., découverts par MM. Goris et Mascré et étudiés par MM. Goris, Mascré et Vischniac [1]. La gaulthérase serait ainsi le ferment spécifique de ces sortes de glucosides.

Maintenant, une autre question se pose : la monotropitine et la gaulthérine sont-elles identiques ?

Il est évident que si l'on s'en tient à ce qu'ont dit Schneegans et Gerock de la gaulthérine, les deux glucosides sont différents. Mais la formule du dédoublement de la gaulthérine est-elle bien exacte ?

Les propriétés attribuées par Schneegans et Gerock à la gaulthérine sont si incomplètes et si peu précises qu'il subsiste un doute. A mon avis, pour pouvoir résoudre avec sûreté cette question, il faut préparer de nouveau la gaulthérine du *Betula lenta* L. et en faire une étude complète afin de pouvoir comparer ses propriétés à celles de la monotropitine.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rendement énergétique de l'assimilation chlorophyllienne.* Note [2] de M. **René Wurmser**, présentée par M. G. Urbain.

Quand on veut évaluer les synthèses que réalisent des êtres vivants, on doit tenir compte de la perte de substance qu'ils subissent à tout instant du fait de la respiration. Soit u la diminution d'énergie totale que représente

---

[1] *Glucosides et essences de primevères* (*Bull. Sc. Pharm.*, t. 19, 1912, p. 577 et 648).

[2] Séance du 1er octobre 1923.

cette perte pendant un certain temps, quand l'organisme est dans des conditions telles qu'il ne réalise aucune synthèse. Soit U l'accroissement d'énergie totale observé pendant le même temps quand l'organisme augmente de poids. On appelle rendement énergétique des synthèses effectuées le rapport $\frac{U+u}{E}$, E étant l'énergie reçue du milieu extérieur. Chez les êtres hétérotrophes, les synthèses se résument par des oxydations-réductions possibles spontanément par un mécanisme purement chimique : le rendement pourrait être déduit des équations qui représentent ces réactions. Chez les êtres autotrophes, il n'en est pas de même : on ne sait encore rattacher la valeur du rendement énergétique à aucune donnée sur le mécanisme des synthèses effectuées. On admet ordinairement que cette valeur est très faible (environ 6 pour 100) aussi bien pour les bactéries nitrifiantes et sulfureuses que pour les plantes vertes. Mais dans un travail récent O. Warburg et E. Negelein (1) ont obtenu un rendement de 70 pour 100 chez des algues exposées à un faible rayonnement jaune orangé.

J'ai montré antérieurement (2) que le rendement de la photosynthèse est maximum dans la région verte du spectre. On sait d'autre part que la lumière est mieux utilisée à faible intensité. Enfin la teneur du milieu en CO^2 doit être suffisamment élevée. Je me suis placé dans ces conditions optima pour évaluer le rendement de la photosynthèse chez une Algue marine *Ulva lactuca*.

Les expériences ont été effectuées à Roscoff. Des fragments d'algue de $6^{cm},5 \times 3^{cm},5$ étaient placés dans des flacons d'eau de mer, maintenus à la même température (16°), les uns à l'obscurité, les autres à la lumière du jour filtrée par 4^{cm} d'eau et un écran Wratten. On dosait l'oxygène par la méthode de Winckler. D'après l'équation

$$6CO^2 + 6H^2O = C^6H^{12}O^6 + 6O^2 - 674000 \text{ cal.}$$

le nombre de centimètres cubes d'oxygène dégagé à la lumière, multiplié par 5, fournit la valeur de U, le nombre de centimètres cubes d'oxygène absorbé à l'obscurité, multiplié par 5, donne u.

L'intensité de la lumière incidente était mesurée au moyen d'une pile thermo-électrique de Zeiss, connectée avec un galvanomètre de Broca. L'étalonnage était effectué avec une lampe Hefner. A des intervalles variables suivant l'état du ciel, on notait les déplacements du galvanomètre. La courbe obtenue en fonction du temps permet de mesurer l'énergie totale E_i reçue par la surface de l'algue. La durée moyenne d'exposition était 8 heures; l'intensité moyenne du rayonnement incident, $1.10^{-3} \frac{\text{cal-gr}}{\text{min-cm}^2}$.

(1) *Zeitschr. f. physik. Chemie*, t. 102, 1922, p. 235.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 820.

Pour connaître la valeur E de l'énergie absorbée par la chlorophylle, on mesurait les déplacements du galvanomètre après interposition, entre les écrans et la pile, tantôt d'un fragment d'algue normal, tantôt d'un fragment décoloré sous l'action d'une lumière intense. On obtenait ainsi le pouvoir absorbant A pour la couleur étudiée, d'où la valeur $E = E_i \times A$.

Le tableau suivant indique les résultats de plusieurs mesures pour deux régions spectrales : l'une rouge, l'autre verte.

$U + u$ (en calories).	E_i (en calories).	A	E (en calories).	Rendement (en pour 100).
		$\lambda > 590$ mμ.		
1,45	9,80	0,24	2,35	61
1,52	12,1	0,24	2,90	52
0,92	4,8	0,30	1,44	64
		$490 < \lambda < 590$ mμ.		
1,35	12,5	0,12	1,50	90
1,12	12,9	0,10	1,29	87
1,12	10,3	0,14	1,44	78
0,80	8,5	0,12	1,02	78

En résumé :

1° La mesure directe du rendement énergétique de la photosynthèse, à intensité incidente égale, montre que ce rendement est maximum dans la région du spectre où la chlorophylle absorbe le moins. Ce fait concorde avec le résultat de mes recherches antérieures.

2° Dans les conditions optima, le rendement peut dépasser 80 pour 100. Il est encore plus grand, si la lumière augmente la respiration, chez le végétal normal, comme elle le fait chez les algues dont l'assimilation a été supprimée par le chauffage [1].

BOTANIQUE. — *Remarques au sujet de la formation et de la digestion de l'amidon dans les cellules végétales.* Note de M. A. Maige, présentée par M. Marin Molliard.

Si la digestion de l'amidon est actuellement bien connue dans ses aspects morphologiques et dans son mécanisme chimique, il n'en est pas de même de sa formation. Il est cependant un point acquis et sur lequel l'accord est à peu près général, c'est que l'amidon provient de l'activité de corpuscules

(1) R. Wurmser et R. Jacquot, *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 305.

vivants, les *plastes*, qui se multiplient par division et possèdent dans la cellule une individualité comparable à celle du noyau. Mais quel est le mécanisme de l'action physiologique de ces plastes?

Certains auteurs, et tout récemment Grafe ([1]) et Onslow ([2]), séduits par l'idée de la réversibilité des actions diastasiques, ont pensé que la production et la digestion de l'amidon seraient le fait d'une même diastase, l'amylase, dont l'activité serait orientée dans un sens ou dans l'autre suivant les conditions physiologiques de la cellule, et qui, d'après Meyer ([3]) et Salter ([4]), serait produite par le stroma même du plaste. Mais cette hypothèse soulève à mon avis de sérieuses objections.

C'est un fait bien connu que, lors de la germination de nombreuses graines (Pois, Haricots, etc.), on assiste dans les cotylédons et parfois dans l'embryon à la digestion des grains d'amidon de réserve et à la formation simultanée de nouveaux grains dans les plastes qui en sont dépourvus. Si l'on admet la réversibilité de l'action de l'amylase, il faut supposer que cette diastase est capable d'effectuer en même temps deux opérations inverses : l'une d'hydrolyse en dehors des plastes amylogènes précités, l'autre de synthèse à leur intérieur et cela en un même point de la cellule; car, ainsi que je l'ai observé dans les cellules de l'écorce ou de la moelle des embryons de Haricot germant, les grains d'amidon nouveaux apparaissent souvent dans des plastes situés au voisinage immédiat des plastes renfermant les anciens grains en voie de digestion. D'autre part, il est à remarquer que, sous divers rapports, l'action condensatrice se comporte bien différemment de l'action hydrolysante; elle est infiniment plus dépendante des conditions de vie de la cellule; elle est, par exemple, inhibée partiellement ou totalement même en présence d'une forte teneur en sucre, par les anesthésiques, par les basses et comme je l'ai constaté par les hautes températures ([5]) et par la plasmolyse ([6]), tous facteurs qui laissent subsister l'action amylolytique.

Dans ces conditions, il me paraît préférable de s'en tenir à l'opinion des physiologistes qui voient dans la formation et la digestion de l'amidon, non

---

([1]) VIKTOR GRAFE, *Chemie der Pflanzenzelle*, 1922, p. 367.

([2]) ONSLOW, *Practical Plant Biochemistry*, 1920, p. 69.

([3]) A. MEYER, *Untersuchungen über die Stärkekörner*, Iéna, 1895.

([4]) SALTER, *Zur näheren Kenntniss der Stärkekörner* (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, Band 33, 1898).

([5]) A. MAIGE, *C. R. de la Soc. Biol.*, 1922, p. 685.

([6]) A. MAIGE, *C. R. de la Soc. Biol.*, 1922, p. 856.

pas les deux faces d'un processus unique, mais deux phénomènes distincts dans leur origine et dus à des catalyseurs différents. Dans cette conception il est naturel de localiser dans le stroma du plaste l'origine du ou des catalyseurs de condensation, mais en ce qui concerne l'amylase, il me paraît plus indiqué de lui assigner une origine extraplastidale, car cette diastase est produite par de nombreux champignons ou bactéries qui ne possèdent pas de plastes et se rencontre dans les cellules de nombreuses plantes supérieures, alors même qu'elles accumulent de l'amidon, c'est-à-dire que leurs plastes produisent des catalyseurs de condensation. En tout cas, quelle que soit son origine, cette diastase étant susceptible de diffuser dans le protoplasme se trouve répandue dans ce dernier. Il est donc nécessaire, pour expliquer les phénomènes cités plus haut d'amylogénèse et d'amylolyse simultanés dans une même cellule, c'est-à-dire de formation d'amidon dans une cellule renfermant une amylase *active*, d'admettre que *l'action condensatrice des plastes amylogènes est accompagnée d'une action inhibitrice de l'amylase du cytoplasme.*

Cette inhibition spéciale limitée au territoire du plaste est entièrement distincte de l'inhibition bien connue qui peut résulter de la présence dans la cellule de certains sucres ou de l'accumulation des produits de l'hydrolyse. Cette dernière inhibition, sur laquelle Grüss (¹) s'est appuyé pour établir sa théorie sur la formation de l'amidon (l'amidon apparaîtrait dans les plastes lorsque la concentration du sucre dans la cellule serait suffisante pour paralyser totalement l'action amylolytique) est impuissante à expliquer à elle seule les phénomènes d'amylogénèse et d'amylolyse simultanés dans une même cellule, mais elle n'en joue pas moins un rôle important, car elle influence les phénomènes de formation et de digestion de l'amidon et permet de comprendre l'accroissement de ce dernier si l'on admet que le plaste, au lieu d'envelopper le grain d'amidon jusqu'à la fin de son développement (opinion de Meyer et Salter), ne forme plus à partir d'un certain stade qu'une calotte à sa surface (opinion de Schimper et Binz), laissant la plus grande partie de celle-ci au contact direct de la diastase hydrolysante.

Si l'on situe, comme je l'ai indiqué plus haut, l'origine de l'amylase en dehors du plaste, il faut l'attribuer au cytoplasme extraplastidal ou au noyau. Si l'on tient compte des expériences bien connues de Klebs qui ont

---

[1] Grüss, *Die Diastase in Pflanzenkörper* (*Ber. der deuts. Bot. Gesell.*, t. 13, 1923).

montré que l'amidon peut disparaître de cellules sans noyau, on voit qu'il est préférable de situer dans le cytoplasme extraplastidal l'origine de l'amylase, dont l'action hydrolysante s'exercerait à travers le stroma du plaste, lorsqu'elle n'est plus l'objet d'inhibition.

Quels sont les rapports entre l'action condensatrice et l'action inhibitrice du plaste, ont-elles la même origine, correspondent-elles par exemple à deux modes d'action d'un même catalyseur, ou bien ont-elles une origine différente? Il est impossible de se prononcer actuellement sur ce point : tout ce que l'on peut dire, c'est que l'action condensatrice est conditionnée par l'action inhibitrice en ce sens qu'elle ne peut se manifester que lorsque cette dernière est susceptible de neutraliser l'action amylolytique du cytoplasme, et que du conflit de l'action inhibitrice du plaste et de celle de l'amylase cytoplasmique résulte soit la conservation, avec ou sans accroissement, de l'amidon dans la cellule, soit sa dissolution plus ou moins rapide. Si l'on considère maintenant que les actions inhibitrice et amylolytique précitées sont soumises dans la cellule à une foule d'influences soit excitantes, soit paralysantes, on conçoit que le problème de la formation et de la digestion de l'amidon se présente comme une question des plus complexes.

En résumé, la théorie qui me paraît le mieux expliquer les faits actuellement connus sur la formation et la digestion de l'amidon dans les plastes, consiste à considérer les deux phénomènes comme dus à des actions catalytiques entièrement distinctes, l'action amylogène ayant son origine dans le stroma du plaste et comprenant une action condensatrice et une action inhibitrice de l'amylase du cytoplasme. Cette dernière diastase serait produite par le cytoplasme extraplastidal et son action hydrolysante s'exercerait à travers le stroma du plaste lorsqu'elle n'est plus l'objet d'inhibition.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la concentration en sucre des milieux sur l'activité des bactéries fixatrices d'azote.* Note de MM. G. TRUFFAUT et N. BEZSSONOFF, présentée par M. L. Maquenne.

Plusieurs auteurs, entre autres Vogel et Gerlach, ont étudié l'influence des diverses concentrations en sucre sur le rapport de l'azote fixé au sucre consommé dans les milieux de culture. De leurs résultats, il ne s'est rien dégagé de précis en ce qui concerne les très faibles concentrations en sucre, de l'ordre du millième par exemple.

Nous avons pensé que cette étude devait être reprise dans des conditions spéciales, pour se rapprocher de celles qui se présentent dans la Nature.

I. A cet effet, nous avons d'abord étudié le développement des bactéries aérobies, les plus communes dans le sol, dans des milieux pauvres en sucre. Dans les premières expériences, commencées en octobre, on ensemença deux séries de douze tubes, renfermant un milieu sans azote (liquide Hutchinson pour azotobacters sans mannite) avec des dilutions de terre de jardin au $\frac{1}{5000000}$ et au $\frac{1}{10000000}$ et 1^g ou $0^g,1$ de glucose. La seconde série d'expériences, effectuées en novembre, a été conduite de la même manière, dans huit séries de trois tubes; on y a seulement ajouté quatre séries de tubes à lévulose. Après 12 jours d'incubation à 22°, on a observé des développements bactériens dans les conditions suivantes :

	Première série (octobre).				Deuxième série (novembre).			
Sucre pour 100	1^g.		$0^g,1$.		1^g.		$0^g,1$.	
Dilution de terre $10^{-7}\times$	2	1	2	1	2	1	2	1
Tubes développés	2	1	3	4	0	0	1	2
Tubes développés pour 100	16	16	50	66	0	0	33	66

Un seul des tubes à lévulose a donné lieu à un développement, pour 0,1 pour 100 de sucre et une dilution de 10^{-7}.

On voit que, dans un milieu privé d'azote, le développement des bactéries aérobies les plus communes se fait mieux avec des concentrations en sucre de $\frac{1}{1000}$ qu'avec des concentrations plus fortes; l'inverse a lieu, comme on va le voir, pour les organismes anaérobies du même sol.

Dans les expériences suivantes on a procédé à des ensemencements en profondeur dans des tubes d'agar glucosé; il a été fait deux séries de douze tubes, contenant l'une 1^g et l'autre $0^g,1$ pour 100 de glucose. Après 5 jours d'incubation à 34° nous avons obtenu les résultats suivants :

	Premier essai.		Deuxième essai.			
Sucre pour 100^{cm^3}	1^g.	$0^g,1$.	1^g.	1^g.	$0^g,1$.	$0^g,1$.
Dilution de terre $10^{-7}\times$	1	1	2	1	2	1
Tubes fermentés	6	0	5	0	0	0
» pour 100	50	0	83	0	0	0

L'avantage est ici à la plus forte concentration en sucre et à la plus faible dilution.

II. Nous avons ensuite étudié l'influence des faibles quantités de sucre

sur le taux de fixation de l'azote gazeux par les bactéries spécifiques; pour cela, et en vue de maintenir à peu près fixe la concentration en sucre du milieu, nous avons employé deux techniques nouvelles.

La première, que nous appelons au laboratoire culture au biberon, consiste à faire passer, à travers le tampon d'ouate qui couvre les fioles, un tube de verre de 8^{mm}, recourbé à 60°, dont la branche supérieure, fermée et graduée, contient une solution concentrée de sucre à 40 pour 100. Par une simple inclinaison de la fiole, on peut ainsi faire tomber chaque jour dans le milieu de culture une goutte ou plus de la solution de sucre en réserve, pour remplacer celui qui a été consommé.

La seconde méthode consiste à faire plonger dans le liquide la partie inférieure d'un tube fermé au bas par une membrane de collodion, en haut par un bouchon d'ouate et rempli de sucre à 40 pour 100. Les membranes ainsi constituées laissent passer de 2 à 3^{mg} de sucre par heure, mais la difficulté de leur calibrage et leurs fréquentes ruptures rendent ce procédé infiniment moins pratique que l'autre.

Les fixateurs étudiés furent, pour les aérobies, le *B. Truffauti* et l'*Azotobacter agile* [1], pour les anaérobies le *Clostridium Pastorianum*, en symbiose avec le bacille β.

Pour l'azotobacter, on a employé le milieu Hutchinson, pour les autres le mélange suivant : KCl, $0^g,25$; PO^4H^2K, $0^g,25$; SO^4Mg, $0^g,004$; CO^3Ca, 2^g; lévulose, comme indiqué; eau, 1^l. L'incubation à 34° ayant duré de trois semaines à un mois, les dosages de sucre et d'azote ont conduit aux résultats suivants :

Milligrammes d'azote fixé par gramme de sucre consommé.

	Bac. Truffauti.			*Azotob. agile.*			*Clost. Pastorianum.*		
	I.	II.	Moy.	I.	II.	Moy.	I.	II.	Moy.
Première méthode...	9,7	8,1	8,9	2,16	4,71	3,43	1,64	2,22	1,93
	4,5	3,9	4,2	4,14	»	4,14	»	»	»
Deuxième méthode...	6,16	6,57	6,36	»	»	»	Dével. négligeable		
Témoin à 1 pour 100 de concentration...	2,35	2,30	2,32	2,00	1,96	1,98	2,29	1,33	1,81

Encore ici l'avantage est aux expériences faites avec de faibles concentrations, le taux d'azote fixé par gramme de sucre étant de deux à trois fois

[1] Race reçue de M. Kayser et dont la capacité de fixation de l'azote s'était notablement affaiblie par suite d'une longue période de culture sur gélose nutritive.

plus élevé quand ce corps est introduit seulement par petites portions à la fois. Le fixateur anaérobie, le *Clostridium Pastorianum*, bien que cultivé en conditions aérobies, en présence du bacille β, se comporte autrement; son coefficient de fixation reste à peu près le même dans les deux cas.

En résumé, tant pour le développement des aérobies dans un milieu non azoté que pour la fixation de l'azote par ceux qui possèdent cette propriété, les faibles concentrations en sucre, voisines de 1 pour 1000, sont nettement plus avantageuses que celles qui sont habituellement employées.

C'est là un fait qui nous paraît d'une réelle importance pour le fonctionnement de ces organismes dans le sol; nous pensons même que les meilleurs coefficients constatés (azote absorbé sur sucre consommé) dans les milieux de culture sont encore bien au-dessous de ceux qui peuvent être atteints dans la terre. Parmi les causes de gaspillage du sucre dans les cultures par les bactéries fixatrices d'azote, deux peuvent être attribuées :

1° A une concentration en hydrates de carbone dépassant de beaucoup celles qui peuvent exister dans les milieux naturels au voisinage des racines;

2° Aux grandes variations dans cette concentration au cours de l'incubation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fermentation butylèneglycolique du lactate de calcium par les bactéries du groupe du* B. subtilis. Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai démontré dans un travail antérieur que l'acide lactique est assimilé par les bactéries du groupe du *Bacillus subtilis*, mais je n'ai pu préciser par quel mécanisme se fait cette assimilation.

Il convient de remarquer l'extrême stabilité initiale de l'acide lactique vis-à-vis de ces microbes. Un milieu minéral complet, ne contenant que du sucre comme source de carbone, permet d'obtenir rapidement une culture abondante, alors que le même milieu, dans lequel un lactate remplace le glucide, ne donne, tardivement, qu'une culture insignifiante.

D'autre part, tandis que les glucides sont disloqués avec dégagement intense d'acide carbonique et formation de quantités importantes de 2.3-butylèneglycol et d'acétylméthylcarbinol, les lactates sont détruits sans que l'on puisse mettre en évidence l'accumulation de semblables composés.

On peut expliquer ces faits en admettant que l'utilisation de l'acide

lactique et celle des glucides ont lieu suivant des processus essentiellement différents. On peut supposer aussi que les produits normaux de la fermentation butylèneglycolique du glucose sont bien formés lors de la digestion des lactates mais lentement, péniblement, par suite de la grande stabilité de l'acide lactique, et qu'ils disparaissent au fur et à mesure de leur apparition.

Dans la dernière hypothèse on pouvait espérer, en variant les expériences, trouver des conditions dans lesquelles ces produits subsisteraient, tout au moins à l'état de traces.

En fait, à la suite de nombreux essais divers, je suis arrivé à des résultats positifs en employant des milieux au lactate de calcium et en n'analysant les cultures qu'après 15 à 20 jours, alors que les phénomènes d'oxydation et de synthèse sont extrêmement réduits.

Le milieu employé est un milieu minéral contenant 2 pour 100 de peptone de Chapoteaut et 2 pour 100 de lactate de calcium. Le lactate pur a été encore purifié par plusieurs cristallisations pour éliminer les dernières traces de sucre. Dans les cultures jeunes on ne trouve pas traces de 2.3-butylèneglycol ou d'acétylméthylcarbinol. Vers le neuvième jour on constate que le distillat de la culture réduit légèrement la liqueur cupropotassique. Les résultats sont beaucoup plus nets vers le dix-septième jour, où le pouvoir réducteur est maximum. Avec la phénylhydrazine, ce distillat donne l'osazone du diacétyle qui, purifiée, fond à 242°-244°. Cette réaction démontre, dans la culture, la présence de l'acétylméthylcarbinol qui a la même osazone que le diacétyle :

$CH^3-CO-CO-CH^3$ (diacétyle) et $CH^3-CH.OH-CO-CH^3$ (acétylméthylcarbinol).

Dans une autre série d'expériences, j'ai caractérisé cette cétone dans une culture de dix-sept jours par la réaction de la nickeldiméthylglyoxime que j'ai signalée antérieurement [1].

D'autre part, en employant la technique déjà utilisée [2], j'ai pu, par oxydation au brome, caractériser de petites quantités de 2.3-butylèneglycol ($CH^3-CH.OH-CH.OH-CH^3$).

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant (je ne cite que les esssais faits avec une variété de microbe, d'autres étaient analogues) :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 131.
[2] *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 27, 1913, p. 856.

Cultures en milieu peptone à 2 *pour* 100 *avec* 2 *pour* 100 *de lactate de calcium.*
(560$^{cm^3}$ de milieu dans flacons Fernbach).

	2.3-butylèneglycol.	Acétylméthylcarbinol.
Après 3 jours	0	0
» 4 »	0	0
» 6 »	0	0
» 9 »	?	traces
» 17 »	présence	0g,280
» 19 »	présence	présence

Conclusions. — L'acide lactique est, comme le sucre, disloqué par les bactéries du groupe du *Bacillus subtilis* avec formation de produits réduits, le 2.3-butylèneglycol et l'acétylméthylcarbinol. Par suite de la grande stabilité de l'acide lactique ces produits ne se forment que lentement, de sorte qu'on ne peut les retrouver que dans les cultures âgées dans lesquelles les phénomènes d'oxydation et de synthèse, qui les font disparaître au fur et à mesure de leur apparition, sont extrêmement restreints.

EMBRYOGÉNIE. — *Action de l'eau, du* NaCl, *du* NaBr *et du* $CaCl^2$ *sur les spermatozoïdes de* Rana fusca *et de* Bufo vulgaris. Note de M. H. **Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Dans l'étude des fécondations normales ou polyspermiques des œufs de Batraciens, l'expérimentateur porte trop souvent uniquement son attention sur les modifications subies par l'œuf; il néglige fréquemment le spermatozoïde dont le rôle est cependant d'une importance indéniable. L'action de l'eau, des sels alcalins et alcalino-terreux sur les œufs mûrs d'amphibiens et les répercussions de cette influence sur la fécondation ont été magistralement étudiées, en particulier par E. Bataillon. D'autre part l'addition au sperme de sel cuisine à 2,5 pour 1000 préconisée par W. Roux pour l'amélioration des fécondations d'œufs de Batraciens exigeait quelques expériences justificatives de la valeur de cette recette.

Dans mes recherches, j'ai utilisé les spermes de *Rana fusca* et de *Bufo vulgaris*, additionnés d'eau ordinaire, d'eau distillée aérée, de solutions de NaCl à 1, 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 7 pour 1000 dans l'eau ordinaire ou distillée et des mêmes solutions de $CaCl^2$ et NaBr isotoniques aux concentrations précédentes en NaCl. Les œufs utérins de la même femelle sont fécondés au bout de temps variables soit au pinceau, soit par immersion dans ces différents liquides spermatiques. L'examen microscopique des

spermes, l'étude cytologique d'œufs fixés viennent compléter les renseignements macroscopiques fournis par les segmentations et les évolutions. E. Bataillon a signalé que le contact permanent d'œufs vierges utérins normaux de Grenouille rousse avec des spermes salés par NaCl aux concentrations de 7, 6, 5, 4 et 3,5 pour 1000 dans l'eau ne provoque pas la fécondation. « La pénétration des spermatozoïdes est enrayée. Mais elle peut se produire longtemps après, au retour à l'eau. »

L'examen microscopique entre lame et lamelle de telles solutions spermatiques est des plus suggestifs. Peu de temps (une demi-heure) après la préparation de ces différents liquides fécondants, dans les concentrations élevées (7, 6, 5 pour 1000), les spermatozoïdes sont *complètement immobiles*. Ils ne sont pas morts, comme on le verra par la suite. C'est l'inertie provoquée par rigidité chimique comparable à l'inertie par rigidité thermique ou électrique signalée déjà chez les œufs d'Amphibiens. Dans les solutions à 4 et 3 pour 1000, surtout dans 4, les mouvements des spermatozoïdes sont extrêmement lents; tandis que dans les concentrations à 2,5, 2 et 1 pour 1000, et dans l'eau, l'observateur est frappé par la très grande mobilité des éléments sexuels mâles, mobilité qui paraît maximum pour les concentrations en NaCl voisines de 2 pour 1000. Donc l'examen microscopique montre déjà nettement l'influence heureuse du NaCl à 2 pour 1000 sur la mobilité des spermatozoïdes de Grenouille rousse. Des fécondations effectuées avec tous ces liquides spermatiques confirment les expériences de Bataillon et, dans les délais normaux, ne donnent des segmentations et des évolutions en nombre plus ou moins élevé que pour les lots correspondants à 3, 2,5, 2, 1 et eau. Si le séjour dans les liquides salés n'a pas été trop long, au retour à l'eau, la segmentation se produit pour les lots correspondants à 7, 6, 5 et 4. L'intérêt augmente si après 4 heures et même 6 heures, par addition d'eau distillée aérée ou d'eau ordinaire, on ramène les solutions spermatiques salées initiales à la concentration voisine de 1 ou 1,5 pour 1000 de NaCl. A l'examen microscopique, dans tous les nouveaux liquides, les spermatozoïdes se montrent très mobiles, sauf dans le liquide spermatique à l'eau sans sel, où la mobilité est beaucoup moins grande et parfois nulle. L'abaissement de concentration a donc provoqué une réactivation, une véritable reviviscence des éléments mâles. Des fécondations d'œufs vierges utérins normaux par ces nouveaux liquides spermatiques fournissent pour tous les lots au sel et dans les délais normaux les segmentations suivies d'embryogénèses atteignant parfois jusqu'à 90 pour 100 d'embryons. Si le pourcentage des segmentations et des embryons est moins élevé dans les lots provenant des solutions salées initiales à 7 et 6 pour 1000, la raison est

la dilution considérable qu'il a fallu opérer pour ramener ces solutions à 1 pour 1000 de NaCl.

Les lots fécondés en même temps avec le sperme initial à l'eau sans sel ne donnent pas ou peu de segmentations ; de très nombreux œufs sont plissés, ratatinés, attestant une polyspermie très intense, vérifiée d'ailleurs par l'étude cytologique. D'assez nombreux œufs fécondés avec la bouillie testiculaire primitive ajoutée à un peu d'eau fournissent encore des segmentations régulières.

Des nombreuses expériences faites sur le matériel *Rana fusca* et *Bufo vulgaris*, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les solutions de NaCl à 1, 2, 2,5 pour 1000 dans l'eau distillée aérée ou dans l'eau ordinaire activent les mouvements des spermatozoïdes et facilitent par contre-coup les fécondations. Le maximum d'activation vers 2 pour 1000 justifie la « recette » de W. Roux. Pour les fécondations normales, le sperme au sel de cuisine à 2-2,5 pour 1000 se montre supérieur au sperme à l'eau. Avec des concentrations en NaCl plus élevées, les mouvements des spermatozoïdes sont ralentis ou inhibés, ce qui explique les insuccès des fécondations faites avec ces liquides.

2° Dans les solutions de 3 à 7 pour 1000 de NaCl, après une période de « rigidité chimique » plus ou moins longue, par addition d'eau et par suite abaissement de la concentration en sel du milieu vers 1 ou 2 pour 1000 de NaCl, les spermatozoïdes récupèrent leur mobilité et par suite l'aptitude à la fécondation.

3° Pour les dilutions de sperme dans l'eau ordinaire ou l'eau distillée aérée, les spermatozoïdes conservent relativement peu de temps (environ 3 heures) leur agilité et leur pouvoir fécondant. Les bouillies spermatiques conservent plus longtemps leurs propriétés actives.

4° A la limite de résistance, lorsque les mouvements des éléments mâles se ralentissent (spermes dans l'eau ou dans les sels), les fécondations faites avec ces liquides provoquent des polyspermies plus ou moins intenses.

5° Pour des solutions de NaBr isotoniques aux concentrations précédentes de NaCl, les conclusions sont parallèles. Il faut noter cependant que dans le NaBr la durée de résistance des spermatozoïdes paraît moins grande.

Le $CaCl^2$ est nettement toxique pour des concentrations relativement peu élevées. L'examen microscopique montre d'ailleurs que la mobilité des spermatozoïdes immergés dans $CaCl^2$ est moins grande que dans les solutions isotoniques de NaCl ou NaBr. L'expérimentation par la fécondation

comme l'étude au microscope indiquent que moins de 4 heures de séjour dans le $CaCl^2$ même isotonique à 2 pour 1000 de NaCl suffisent pour inhiber définitivement les mouvements des spermatozoïdes.

La toxicité du $CaCl^2$ ne se manifeste pas seulement sur les spermatozoïdes de *Rana* et de *Bufo*. La Grenouille adulte se montre également plus sensible aux solutions de $CaCl^2$ inoculées dans la cavité générale qu'aux solutions isotoniques de NaCl.

6° L'action inhibitrice des sels alcalins et alcalino-terreux n'est donc pas spéciale à l'œuf. Elle se manifeste aussi sur les spermatozoïdes comme sur tout élément vivant, Protozoaire ou cellule. Le retour des spermatozoïdes à la mobilité et à l'activité se fait, après des délais variables, par dilution convenable de la solution initiale. C'est une question de quantité et de temps à déterminer expérimentalement. Là encore, pour des mêmes concentrations moléculaires, nous obtenons des résultats différents, questions de toxicité des sels sur la matière vivante qui, comme on le sait, se montre plus ou moins sensible à certains composés minéraux ou organiques. A une action physique-osmotiqne, il faut donc surajouter une action chimique.

EMBRYOGÉNIE. — *La rupture de l'opercule branchial au moment de la métamorphose des Batraciens anoures démontre-t-elle la transmissibilité d'un caractère acquis?* Note [1] de M. **A. Weber**, transmise par M. Henneguy.

Chez un grand nombre de Batraciens anoures les membres antérieurs se développent dans l'espace péribranchial. Peu avant la métamorphose, il semble que la saillie du coude exerce une pression en un point localisé de l'opercule. Cette membrane s'amincit à ce niveau; les deux épithéliums qui la limitent s'accolent après disparition du mésenchyme; c'est là que la rupture se fait de chaque côté, le plus souvent avec un intervalle de plusieurs heures. Les membres antérieurs apparus alors à la surface du corps montrent leur racine entourée par l'opercule comme par un gilet. Le canal spiraculaire, qui permet la circulation de l'eau de la cavité buccale à travers les branchies, s'atrophie par accolement de ses parois comme le reste de la chambre péribranchiale. Les membres antérieurs sont dès lors implantés directement à la surface du corps.

En 1906 Braus a constaté que si l'on détruit précocement l'ébauche d'un

[1] Séance du 1er octobre 1923.

des membres antérieurs chez des têtards de Batraciens anoures, notamment de *Bombinator igneus*, le membre lésé ne se régénère pas et disparaît totalement. Au moment de la métamorphose, environ deux ou trois jours après l'éruption du membre antérieur intact, l'opercule branchial se rompt du côté opéré, au point où il eut été perforé par le membre absent.

Ce phénomène fort curieux a servi de point de départ à maintes discussions. Il paraît bien vraisemblable que dans la phylogenèse des Batraciens anoures l'opercule branchial a progressivement recouvert la région où naissent les membres antérieurs. La rupture par ces derniers de la membrane operculaire est un phénomène que l'on peut à bon droit, semble-t-il, considérer comme accidentel. La perforation de l'opercule en l'absence du membre correspondant peut laisser supposer qu'il s'agit là d'un exemple de caractère acquis héréditaire. Malgré l'intérêt de ces constatations d'ordre expérimental, je ne sache pas que les résultats de Braus aient jamais été vérifiés.

J'ai repris l'étude de cette question sur le même matériel. Des têtards de *Bombinator igneus* d'une longueur de 19^{mm} à 20^{mm} sont narcotisés au moment où apparaissent les ébauches des membres. Avec une aiguille fortement chauffée, je traverse l'opercule et je lèse le blastème du membre antérieur droit. La cicatrisation de la membrane operculaire est très rapide; au bout de quelques jours il n'y a plus aucune trace du traumatisme. Les têtards opérés sont caractérisés par une légère incurvation du côté lésé, leur métamorphose est un peu tardive par rapport à celle des témoins.

Par l'emploi de ce procédé la destruction de l'ébauche du membre n'est jamais totale. Les animaux tripodes que j'ai obtenus possèdent toujours du côté lésé une omoplate plus ou moins atrophiée entourée de fibres striées, groupées en faisceaux dont l'un au moins des points d'insertion fait défaut.

Ces rudiments de squelette ou de muscles ne font qu'une saillie insignifiante dans la cavité péribranchiale. Dans certains cas par contre s'est développée une partie de l'épiderme glandulaire qui recouvre normalement l'ébauche du membre antérieur et qui contraste vivement avec le revêtement épithélial mince et unicellulaire du reste de la cavité. Lorsque ce fragment cutané normal persiste, les racines postérieures des deux nerfs du plexus brachial sont très atrophiées, mais ne disparaissent pas totalement comme chez les autres animaux opérés. De plus ce n'est que chez les animaux qui présentent ce fragment identique à la peau de la surface du corps, que j'ai constaté les phénomènes découverts par Braus. Vis-à-vis de la

région où l'épithélium glandulaire marque la place qu'eût occupée le membre antérieur, le mésenchyme disparaît dans l'épaisseur de l'opercule, les deux épithéliums s'accolent et s'amincissent, la rupture se produit (*fig.* 1). Je n'ai rien trouvé de semblable lorsque, malgré les rudiments de la ceinture scapulaire et des muscles du membre antérieur, la cavité péribranchiale est uniquement tapissée par son endothélium (*fig.* 2).

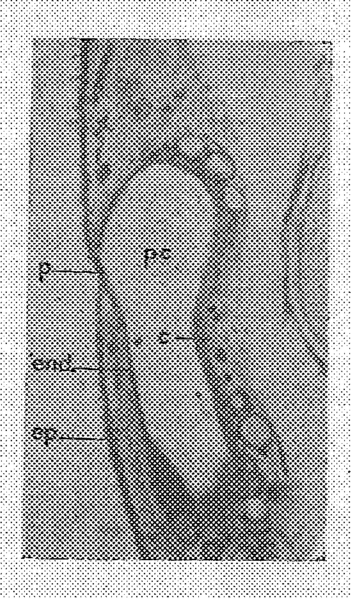


Fig. 1.

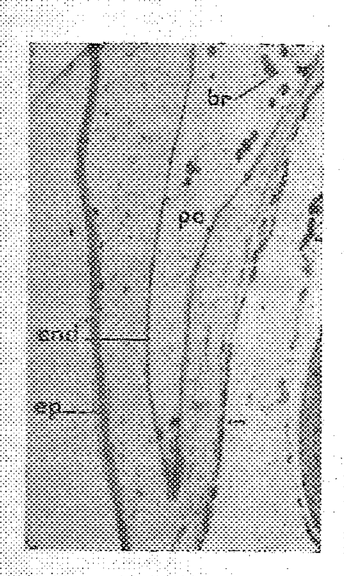


Fig. 2.

Coupes transversales de jeunes *Bombinator igneus* tripodes, après la métamorphose, passant par l'emplacement qu'aurait le membre droit absent. Grossissement × 50.

Fig. 1. — La cavité péribranchiale présente à ce niveau un fragment cutané glandulaire.

Fig. 2. — Dans ce cas toute la cavité péribranchiale est tapissée uniquement d'endothélium. *pc*, cavité péribranchiale; *br*, branchies externes en voie de dégénérescence; *c*, peau avec glandes; *end*, endothélium; *ep*, épiderme; *p*, point où la perforation va se produire.

Il semble donc qu'il y ait une corrélation entre la rupture de l'opercule et la présence à ce niveau d'un fragment de peau superficielle dans les parois de la chambre péribranchiale.

De quelle nature est cette corrélation ? Elle n'a sans doute rien de mécanique. Il est difficile également de supposer que la sécrétion des glandes du fragment cutané puisse déterminer l'atrophie puis la perforation de l'opercule. Il m'est impossible actuellement d'élucider la question d'une influence nerveuse ou bien d'une action hormonale ou chimique de cette région cutanée, analogue à celle qu'exerce le cristallin transplanté sous

la peau des Batraciens. En tout cas les faits que j'ai observés n'impliquent nullement que la rupture de l'opercule branchial des Anoures corresponde à la transmission d'un caractère acquis.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1923.

L'enseignement de la chimie à l'Université de Gand, par MAURICE DELACRE. Gand, P. de Craene, 1923; 1 fasc. 20^{cm}.

Annales des Sciences naturelles, séries botanique et zoologie. *La ponte et l'incubation chez les Annélides polychètes*, par CH. GRAVIER. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. 25^{cm}.

Nova Caledonia. *Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty*, par FRITZ SARASIN et JEAN ROUX. Berlin, C. W. Kreidel's Verlag, 1923; 1 vol. $28^{cm},5$. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Études de lépidoptérologie comparée, par CHARLES OBERTHÜR. Fascicule 21, partie II, texte et planche. Rennes, Oberthür, 1923; 2 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

The Norwegian aurora Polaris Expedition 1902-1903, par K. R. BIRKELAND. Christiania, A. W. Broggers Printing Office, 1908; 1 vol. 32^{cm}.

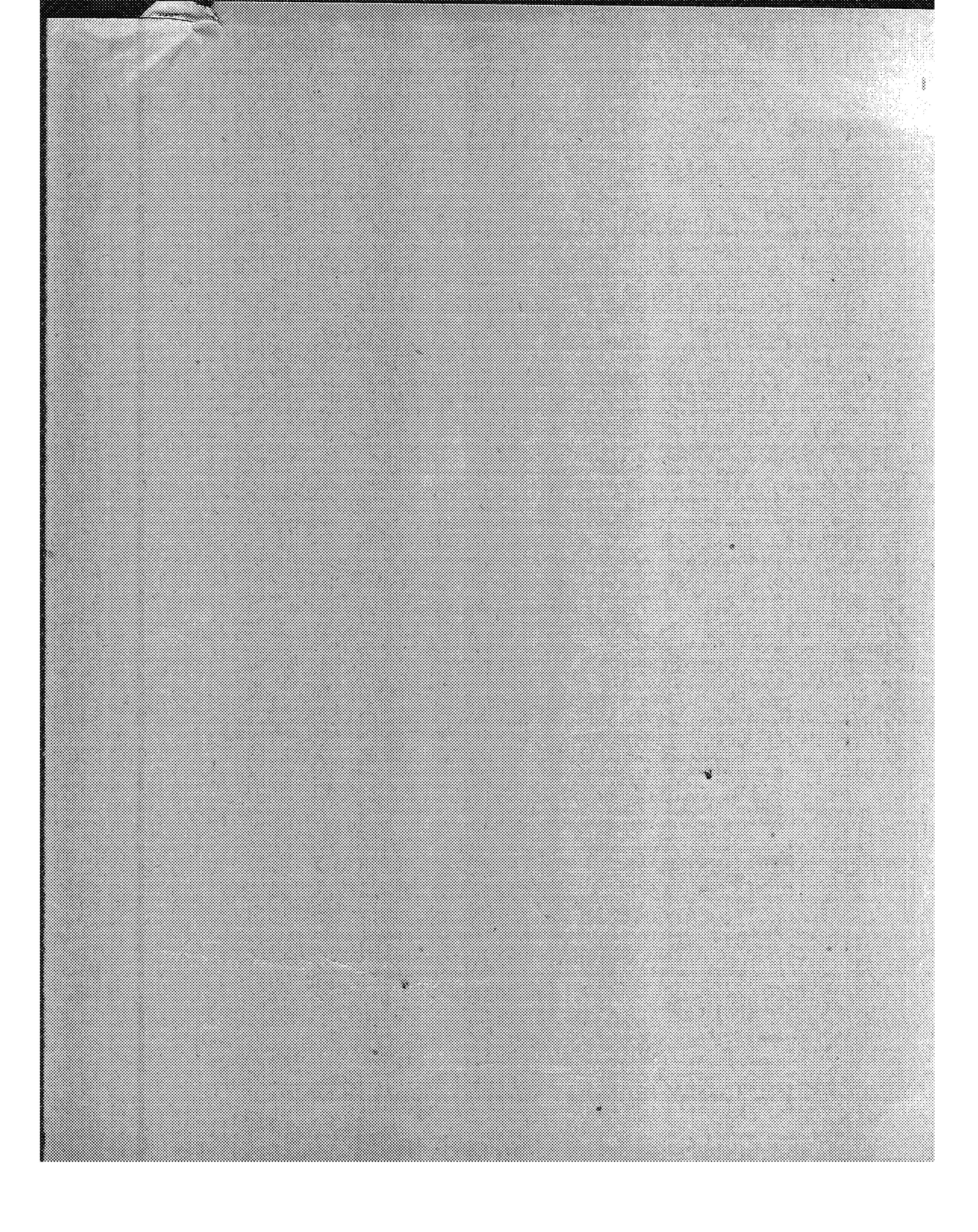
Papers of the Michigan Academy of Science Arts and Letters, édités par PAUL S. WELCH et EUGENE S. MC CARTNEY. New-York, The Macmillan Company, 1923; 1 vol. 24^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 23 juillet 1923.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Les formes de carènes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses sont réalisées seulement sur les canots de course automobiles :

Page 236, ligne 16, *au lieu de* $\delta' = \frac{5}{12}$, *lire* $\delta'_m = -\frac{5}{13,5}$.



N° 15.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 8 Octobre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau de l'Académie les tables semestrielles des tomes 171, 172, 173, 174, 175 et 176 des « Comptes rendus » 609

M. A. Lacroix. — Notice sur le P. Élie Colin........ 609

M. Jean Perrin. — Radiochimie de la fluorescence........ 612

MM. Ch. Depéret, F. Arcelin et L. Mayet. — Sur la découverte d'hommes fossiles d'âge aurignacien, à Solutré (Saône-et-Loire)........ 618

M. H. Lecomte fait hommage des fascicules 9 du tome II et 2 du tome III de la « Flore générale de l'Indo-Chine », publiée sous sa direction........ 624

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale plusieurs Ouvrages, parmi les pièces imprimées de la Correspondance........ 624

M. Alex. Véronnet. — Sur la formation des systèmes planétaires et des systèmes stellaires........ 624

MM. R. Fortrat et P. Dejean. — Essai d'une bobine sans fer donnant des champs magnétiques intenses. Application à l'étude de la saturation magnétique du fer........ 627

M. Louis de Broglie. — Les quanta, la théorie cinétique des gaz et le principe de Fermat........ 630

M. L.-P. Clerc. — Sur une question de perspective photographique........ 632

M. Albert Portevin. — Remarques à propos de la relation entre le module de Young et le volume atomique........ 634

M. P. Vaillant. — Sur l'influence de petites variations de température sur la conductibilité des sels solides et le rôle de l'humidité dans le phénomène........ 637

M. V. Sorrel. — Capacités de polarisation en courants alternatifs........ 639

M. Marc Bridel. — Étude biochimique sur la composition du *Monotropa hypopitys* L. Obtention d'un nouveau glucoside à salicylate de méthyle, la monotropitine. 642

M. René Wurmser. — Sur le rendement énergétique de l'assimilation chlorophyllienne........ 644

M. A. Maige. — Remarques au sujet de la formation et de la digestion de l'amidon dans les cellules végétales........ 646

MM. G. Truffaut et N. Bezssonoff. — Influence de la concentration en sucre des milieux sur l'activité des bactéries fixatrices d'azote........ 649

M. Lemoigne. — Fermentation butylèneglycolique du lactate de calcium par les bactéries du groupe du *B. subtilis*........ 652

M. H. Barthélemy. — Action de l'eau, du NaCl, du NaBr et du $CaCl^2$ sur les spermatozoïdes de *Rana fusca* et de *Bufo vulgaris*........ 654

M. A. Weber. — La rupture de l'opercule branchial au moment de la métamorphose des Batraciens anoures démontre-t-elle la transmissibilité d'un caractère acquis? 657

Bulletin bibliographique........ 660

Errata........ 660

70755 — 10-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 16 (15 Octobre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La notion de type doliomorphe en lithologie.*
Note de M. A. LACROIX.

En cherchant à établir une classification des roches éruptives basée à la fois sur la composition minéralogique et sur la composition chimique dans le but de préciser les relations magmatiques et génétiques des roches entre elles, j'ai été conduit à demander la caractéristique des grandes divisions aux seuls minéraux dont la présence est spécifique d'une propriété chimique essentielle du magma, à ceux que je qualifie de *symptomatiques*.

Je prends, comme point de départ de la discussion d'une analyse de roche, la composition minéralogique théorique (*composition virtuelle*) que l'on obtient en suivant la marche de calcul employée dans la classification chimico-minéralogique [1]; mais je ne considère le résultat de ce calcul que comme un instrument de travail destiné à la comparaison des roches entre elles. En général, il met bien en évidence les propriétés magmatiques et permet d'en déduire les conséquences minéralogiques, réalisées ou réalisables, qu'elles entraînent. La comparaison de la composition virtuelle ainsi obtenue et de la composition réelle de beaucoup de séries lithologiques montre, mieux que tout autre procédé, qu'à une composition chimique donnée *peuvent* correspondre des compositions minéralogiques réalisées différentes, et parfois même très différentes; j'ai proposé [2] de désigner

---

(1) Cf. le résumé donné dans ma *Minéralogie de Madagascar*, t. 2, p. 221.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 486, et t. 170, 1920, p. 23.

sous le nom de types *hétéromorphes* les uns des autres, ces formes minéralogiques différentes qu'un même magma peut fournir quand il se consolide sous des conditions variées. Leur considération est d'une grande importance pour l'établissement des relations génétiques de nombreuses roches éruptives de même structure et, *a fortiori*, des relations existant entre les roches grenues et les roches volcaniques microlitiques.

En cours de route, j'ai rencontré une autre notion que je me propose de définir dans cette Note. Il s'agit des cas où apparaissent des minéraux dans des associations, en apparence contradictoires de celles qui, en général, font considérer ces minéraux comme symptomatiques. J'appelle *doliomorphes* ces types lithologiques qui, au point de vue chimique, ne sont point ce que pourrait faire supposer, de prime abord, leur composition minéralogique. En voici quelques exemples (¹) :

Le quartz est parmi les minéraux qui sont considérés comme les plus symptomatiques; dans le langage lithologique courant, les expressions de roches quartzifères, de roches à silice libre, de roches acides, sont regardées comme synonymes. Je veux montrer que cette équivalence n'est pas toujours légitime.

J'ai trouvé à Madagascar une roche filonienne lamprophyrique, ayant les caractères extérieurs d'une minette; de grandes lames de biotite se détachent sur un fond noirâtre, essentiellement constitué par de la biotite et du quartz, avec un peu de hornblende. Cette roche, dépourvue de feldspath, que j'ai appelée *antsohite* et dont les paramètres magmatiques sont III.5.3.(2)3 n'a pas de place dans une classification purement minéralogique; sa composition exceptionnelle s'explique par l'abondance de la biotite, la formation de cet orthosilicate n'a consommé qu'une partie de la silice du magma dont le reste a pu alors cristalliser sous forme de quartz, le dernier minéral consolidé. L'équation suivante, réduite à l'essentiel, permet de comprendre la différence existant entre la composition virtuelle (représentée par le premier terme) et la composition réelle :

$$\underset{\text{Orthose.}}{2\,Si^3O^8AlK} + \underset{\text{Pyroxène.}}{2\,SiO^3(Mg, Fe)} = \underset{\text{Biotite.}}{Si^3O^{12}Al^2(Mg, Fe)^2K^2} + \underset{\text{Quartz.}}{5\,SiO^2}.$$

C'est de la même façon qu'il y a lieu d'interpréter la *vaugnérite* de Fournet que nous avons jadis, Michel Lévy et moi, inexactement définie comme un

(¹) Les analyses des roches dont il est question dans cette Note peuvent être trouvées dans les tomes II et III de ma *Minéralogie de Madagascar*, ou dans *Chemical analysis of Igneous Rocks*, de M. H. S. Washington, 1917.

granite à plagioclase surmicacé et dont, en dépit de la richesse en quartz exprimé, la silice virtuelle est en réalité saturée ou même légèrement déficitaire. Les paramètres magmatiques de cette roche sont III.5.3.2'.

Les deux types doliomorphes antsohite et vaugnérite sont respectivement des formes hétéromorphes de syénite et de monzonite à pyroxène.

La même interprétation doit être donnée au cas assez fréquent des basaltes doléritiques, intrusifs ou filoniens à structure intersertale et des gabbros possédant la même structure (diabases de beaucoup d'auteurs), à silice saturée ou déficitaire, renfermant dans leurs espaces intersertaux du quartz microgrenu ou associé micropegmatiquement à l'orthose. Dans ces roches, la production du quartz est expliquée par l'équation

$$\underset{\text{Hypersthène.}}{2SiO^3(Mg, Fe)} = \underset{\text{Péridot.}}{SiO^4(Mg, Fe)^2} + \underset{\text{Quartz.}}{SiO^2}.$$

Cette même égalité permet de comprendre la cause de l'existence de l'olivine dans les laves riches en quartz (rhyolites, pantellérites, dacites, sakalavites) et dans des basaltes à silice exactement saturée : dans ces laves semicristallines, la silice libre reste à l'état potentiel dans le verre. La fréquence de ces cas est telle que, malgré l'importance que lui donnent encore dans la classification la plupart des lithologistes, le péridot ne saurait être considéré comme un minéral symptomatique et je ne lui reconnais aucune importance pour la spécification des basaltes [1].

Dans tous les cas qui viennent d'être considérés, je qualifie de *réactionnels* les minéraux, tels que le quartz, l'olivine, dont la présence détermine le caractère doliomorphe, par opposition au quartz, à l'olivine *normaux* qui, dans d'autres roches, peuvent être prévus par le calcul de la composition virtuelle de celles-ci.

---

[1] Dès 1898, j'ai émis cette opinion (*Bull. Muséum hist. nat.*, n° 8, p. 396), mais en me basant sur une observation d'un autre ordre. L'étude des matériaux des *forts vitrifiés* du Camp de Péran (Côtes-du-Nord) m'a permis de constater que des diabases dépourvues de péridot donnent, à la suite de leur fusion et de leur recristallisation, une roche microlitique formée d'*olivine*, d'augite et de plagioclase. Dans ce cas, et dans un grand nombre de basaltes naturels, la production du péridot dépend donc non d'une composition chimique spéciale du magma, mais des conditions physiques de la cristallisation de celui-ci.

Depuis lors, MM. Bowen et Andersen ont précisé certaines des conditions de formation du péridot, à l'aide d'expériences qui avaient pour but d'étudier celle de l'enstatite (*Amer. J. of. Sc.*, t. 37, 1914, p. 487).

Un verre ayant la composition du SiO^3Mg donne, par recuit à haute température,

Un cas en quelque sorte symétrique du précédent est celui fourni par les *basaltes analcimiques*. La caractéristique de la composition virtuelle des magmas présentant un déficit notable de silice réside dans la présence de feldspathoïdes [1]; la néphéline et la leucite sont donc des minéraux symptomatiques. Depuis quelques années, ont été décrites des laves renfermant l'analcime comme élément essentiel, non plus à l'état secondaire [2], mais sous forme de minéral primordial. Or l'analcime peut être considérée comme une leucite sodique renfermant 1 molécule d'eau zéolitique $[(SiO^3)^2AlNa.H^2O)$. On doit donc s'attendre à la voir apparaître, à la façon d'un feldspathoïde, dans des roches à silice déficitaire. Tel est en effet le cas le plus général, celui des laves de Kidlaw (E. Lothian, Écosse), de Scano, de Bonorva en Sardaigne, de Creeple Creek dans le Colorado, etc.; leurs paramètres magmatiques sont : II.6.2.4 ou III.6.2.4, ce sont donc des *téphrites* ou des *basanites analcimiques*.

---

des cristaux de forstérite (SiO^4Mg^2) et un verre de quartz qui, par recuit à une température moins élevée, réagit sur l'orthosilicate et produit la clinoenstatite. Cette expérience, étendue aux magmas naturels, permet de comprendre la persistance du péridot formé à haute température dans de telles conditions quand le refroidissement a été rapide, alors que ce minéral est corrodé, puis disparaît lorsque le refroidissement a été suffisamment lent. L'existence d'un péridot dans une lave n'indique donc pas nécessairement un déficit de silice sur la quantité nécessaire pour former des métasilicates et de plus, quand ce déficit existe réellement, la teneur en olivine n'en donne pas la mesure.

Cette dernière proposition trouve sa démonstration dans le basalte de Maillargues (Cantal) qui est riche en olivine exprimée, alors que le calcul de sa composition virtuelle n'en fournit que 4 pour 100 qui sont accompagnés de 16 pour 100 de métasilicates de fer et de magnésie (non exprimés). M. H.-S. Washington a rencontré récemment des cas analogues dans les laves de Hawaï.

(1) Les magmas *à silice déficitaire* sont ceux dans lesquels la teneur en silice est insuffisante pour que toute la magnésie et la portion de l'oxyde ferreux n'entrant pas dans les minerais puissent être calculées sous forme de métasilicates. Suivant l'importance de ce déficit, le calcul fait apparaître des orthosilicates alcalinoterreux ou des feldspathoïdes ou bien ces deux catégories de minéraux. Je préfère l'expression de roches à silice déficitaire à celle de roches à silice sursaturée, car elle met mieux en relief la particularité minéralogique qu'il s'agit d'expliquer. C'est le cas inverse de la silice en excès.

(2) Dans le cas d'analcime secondaire, celle-ci constitue souvent une pseudomorphose directe de la leucite qui possède la même forme géométrique, une pseudomorphose par hydratation et substitution de la soude à la potasse. J'ai décrit une transformation de ce genre dans les laves leucitiques de Trébizonde (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 637).

Mais il existe, d'autre part, des laves analcimiques dans quoi le calcul ne met en évidence aucun feldspathoïde [Monte Columbargia (Monte Ferru), en Sardaigne; Dobernberg près Tetschen en Bohême, etc.]. La formule magmatique de l'ensemble de ces roches est $\text{III}.5.\left\{\begin{matrix}2\\3\\4\end{matrix}\right\}.\left\{\begin{matrix}4\\5\end{matrix}\right\}$. La production d'analcime peut s'expliquer par ce fait qu'une partie de l'olivine virtuelle n'est pas exprimée et a été remplacée par du pyroxène, accompagné d'un plagioclase plus riche en anorthite que les feldspaths calculés. L'équation suivante met en évidence le contraste existant entre la composition virtuelle et la composition exprimée :

$$\underset{\text{Péridot.}}{SiO^4(Mg, Fe)^2} + \underset{\text{Albite.}}{2Si^3O^8AlNa} + H^2O$$
$$= \underset{\text{Pyroxène (1).}}{2SiO^3(Mg, Fe)} + \underset{\text{Albite.}}{Si^3O^8AlNa} + \underset{\text{Analcime.}}{(SiO^3)^2AlNa.H^2O}.$$

L'analcime d'une telle roche, que j'appelle *basalte analcimique*, est donc réactionnelle et cette lave est hétéromorphe d'un basalte à olivine normale.

Il serait facile de citer d'autres roches doliomorphes, mais les exemples qui viennent d'être donnés sont suffisants pour mettre en relief l'importance de la notion qui fait l'objet de cette Note. Dans ma classification, je range les types doliomorphes, non pas avec les roches de même composition minéralogique qualitative, mais à la suite de celles ayant la même composition chimique, de celles dont elles sont les hétéromorphes; dans bien des cas il est opportun, pour éviter les confusions, de les désigner sous un nom distinct univoque (antsohite, vaugnérite).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Radiochimie de la fluorescence* (suite). Note de M. **Jean Perrin**.

De nouvelles mesures me permettent d'apporter quelques compléments aux résultats donnés dans ma dernière Note (2) au sujet de l'influence de la température sur les réactions photochimiques (§ V et VII).

J'ai étudié jusqu'à 81° la disparition du « bleu de méthylène nouveau » sous l'action de la lumière dans la glycérine privée d'air. Le coefficient thermique entre 19° et 81° est 1,6 correspondant à une valeur 9.10^{13} pour

(1) Ce métasilicate entre dans la constitution de l'augite.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 612.

la fréquence de la lumière $\mathcal{L}_1$ infrarouge qui peut agir sur la glycérine [1] (§ IV).

Dans un éclairement constant, au-dessous d'une teneur du cinquante-millième, la disparition obéit à la loi d'action de masse, tant à 19° qu'à 81°. En d'autres termes, pour ces dilutions, la concentration en « bleu critique » reste proportionnelle à la concentration en « bleu non modifié » (§ III).

J'ai dit que le « bleu fluorescent » est plus résistant que le bleu de méthylène nouveau. De façon plus précise, il disparaît environ 1200 fois plus lentement dans la glycérine, pour le même éclairement, et la même température. Son coefficient thermique est pourtant à peu près le même (peut-être exactement le même). Il réagirait donc sur la même sorte M_1 de glycérine critique, produite soit par la lumière infrarouge de fréquence 9.10^{13}, soit par chocs moléculaires équivalents. Il y aurait lieu de voir si en effet la glycérine a une bande d'absorption aux environs de $3^{\mu},75$.

J'ai observé (VII) que si une molécule critique produite par une radiation extérieure réagit directement sur une molécule non critique, cette réaction sera insensible aux variations de température.

Tel semble le cas pour l'uranine (fluorescéinate de sodium) dont la structure diffère profondément de celles (analogues entre elles) du bleu fluorescent et du bleu de méthylène nouveau. Une élévation de température de 60° reste sans influence.

J'ai repris les mesures (toujours en solution glycérique privée d'air) pour l'éosine pure (tétrabromofluorescéinate de sodium). Dans un éclairement donné, la vitesse de disparition reste la même, à quelques centièmes près, quand la température passe de 15° à 105°. Pour cet intervalle de 90°, la vitesse de disparition du bleu de méthylène nouveau serait multipliée par environ 33.

Deux types intéressants de réactions bimoléculaires semblent ainsi caractérisés.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la session tenue à Paris du Conseil international pour l'exploration de la mer.* Note de M. **L. Joubin**.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un résumé des travaux du Comité international pour l'exploration de la mer, qui s'est réuni à Paris,

(1) L'intervalle 19°-45° m'avait donné 1,5 (donc ν_1 égal à 8.10^{13}) et non 1,3 comme je l'ai écrit par suite d'une erreur que je tiens à rectifier tout de suite.

du 1er au 6 octobre 1923, en exécution de l'invitation qui avait été formulée l'année précédente par le Gouvernement français.

Ce Conseil, dont le siège est à Copenhague, est composé de délégués et d'experts nommés par les divers États participants. La France a adhéré en 1920 à ce Conseil créé en 1893, et dont les travaux sont répartis entre divers comités qui ont plus particulièrement abordé, à la réunion de Paris, les questions que je vais indiquer. La session s'est tenue à l'Institut océanographique que le regretté Prince Albert de Monaco avait, quelques jours avant sa mort, mis à la disposition du Conseil.

Le Conseil est présidé par M. Maurice, secrétaire des Pêcheries de Grande-Bretagne; la délégation française est présidée par M. Théodore Tissier, président de section au Conseil d'État; elle comprend M. Joubin, comme commissaire du Gouvernement, M. Lecourbe, M. Roule et M. Le Danois, comme délégués et experts.

Le *Comité hydrographique* a groupé les résultats obtenus dans le courant de 1922 par les navires des différents pays, tant au point de vue des températures que des salinités. Il entreprend d'autre part de nouvelles études sur les courants profonds, à l'aide d'instruments suspendus à des bouées sous-marines, ainsi que des recherches spéciales sur les quantités d'oxygène dissous dans l'eau.

Le *Comité du plankton* ayant, dans les années précédentes, établi un filet-type pour la récolte quantitative des échantillons, a décidé de commencer un travail d'ensemble sur les variations des organismes pélagiques tant au point de vue purement scientifique qu'au point de vue spécial de la nourriture du hareng.

Le *Comité limnologique* a continué ses études sur les Salmonides, les Aloses et les Esturgeons.

Le *Comité du Hareng* a soutenu d'importantes discussions en vue d'établir une méthode définitive dans la question importante de l'étude des écailles de ce poisson en vue de préciser son âge et ses différentes races.

Le *Comité de la Plie* a pour ainsi dire terminé l'année dernière l'étude détaillée des stocks de plies habitant en mer du Nord. Cette étude a permis d'arriver à formuler des conclusions suffisamment pratiques pour que soit décidée cette année, d'après un programme établi, la réunion d'une commission internationale en vue d'arrêter une législation appropriée en 1924.

Le *Comité de la Morue et de l'Eglefin* continue des recherches précises sur la biologie de ces deux poissons.

Un grand effort a été fait par le *Comité statistique*, en vue d'arriver à une

délimitation rationnelle des régions de pêche et l'établissement de statistiques détaillées internationales susceptibles de fournir des renseignements à la fois aux armateurs et aux naturalistes.

A côté de ces comités qui s'occupent de questions spéciales, il en existe d'autres qui étudient l'ensemble des problèmes pour une région donnée. L'un deux est le *Comité baltique* qui étudie cette mer. Un autre porte le nom de *Comité du Plateau continental atlantique*.

Il a été créé à la demande de la France dès notre entrée dans le Conseil international. Sa zone d'études s'étend de Rockall à Gibraltar : c'est dans cette zone que nous travaillons en connexion avec les Portugais, les Anglais et les Irlandais, depuis plusieurs années. Un accord avec la Marine nationale nous a permis, depuis trois ans, d'y faire des études régulières sur les conditions hydrologiques de la région située au large d'Ouessant. De plus, le navire de l'Office scientifique et technique des Pêches maritimes a fourni à ce Comité de très importants résultats sur les conditions physiques de la mer et la biologie marine dans la région qui forme sa zone d'étude.

Plusieurs des travaux ainsi effectués out fait l'objet de Notes présentées à l'Académie (Hydrologie des eaux atlantiques — Biologie du Thon blanc — Cartes des massifs coralliens, etc.). Ce Comité publie un rapport spécial dans les publications du Conseil international.

C'est en voyant le travail utile fait par le Comité que le Conseil a décidé, à cette dernière réunion, la création d'un *Comité de l'Atlantique septentrional*, dont le secteur de recherches, situé au nord de Rockall, comprendra principalement l'Islande et les Iles Féroë.

La France est représentée dans ce Comité de nouvelle création et espère se servir du stationnaire de la Marine nationale qui va chaque année en Islande pour contribuer aux recherches nouvellement entreprises. On n'ignore pas que notre pays ne saurait se désintéresser des problèmes qui concernent la biologie, et, par suite, la pêche de la morue sur ces côtes.

Dans une réunion spéciale du Congrès de Paris, le professeur O. Petterson (Suède) a demandé que le Conseil international veuille bien recommander à l'attention bienveillante des Gouvernements et des Institutions scientifiques, un projet de grand voyage océanographique autour du monde. Le Conseil se bornera du reste à fournir aux auteurs de ce vaste plan son appui moral, car ni son rôle ni ses ressources ne lui permettent de leur fournir une aide matérielle et effective.

Telles sont, dans leurs grandes lignes, les dernières décisions prises à la réunion de Paris par le Conseil international pour l'exploration de la mer.

J'ai tenu à marquer l'intérêt que la France apporte aux recherches internationales et particulièrement aux études atlantiques. Non seulement nous dirigeons les travaux du Plateau continental atlantique dont nous avons parlé, mais de même de l'autre côté de cet océan, depuis deux ans un de mes collaborateurs, M. Le Danois, a fait des recherches sur le Banc de Terre-Neuve et représente, depuis cette année, notre pays dans le Comité des Recherches marines de l'Amérique du Nord.

Enfin n'oublions pas que la France tient un rôle important dans la Commission atlantique de l'Union internationale des Recherches et dans la Commission de la Méditerranée, dans laquelle je représente notre Gouvernement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de la méthylhepténone naturelle.* Note de MM. **V. Grignard**, **J. Dœuvre** et **R. Escourrou**.

Les recherches synthétiques entreprises par deux d'entre nous ([1]) en partant de la méthylhepténone naturelle, nous ont conduits à revenir, une fois de plus, sur la constitution de cette importante cétone.

Les synthèses de Barbier et Bouveault ([2]), puis de Verley ([3]), avaient conduit à une cétone qui paraissait identique à celle obtenue par Wallach ([4]) en distillant l'anhydride cinéolique et à celle préparée par Verley (*loc. cit.*) en hydrolysant le citral par le carbonate de potasse à 10 pour 100, à l'ébullition. Après de sérieuses controverses, on la considéra comme la méthyl-2 hepténone-2-6.

Cependant, en 1919, Verley ([5]) émit des doutes sur la constitution qu'il avait contribué à établir. Par hydrolyse du citral au moyen de soude à 1 pour 100, il annonça avoir obtenu une cétone bouillant à 168° et constituée essentiellement par la méthyl-2 hepténone-1-6. D'après ce savant, ce serait cette forme (α) qui existerait à l'état naturel et son enchaînement se retrouverait dans le citral, le géraniol et le citronellol. Mais sous des influences diverses, et en particulier sous l'action de SO^4H^2, elle s'isomériserait dans l'autre forme (β) qui est celle d'hydrolyse et de synthèse. Et cette isomérisation, plus ou moins complète, expliquerait la confusion qui a régné jusqu'à présent.

La thèse soutenue avait trop d'importance pour qu'il ne nous parût pas nécessaire de l'examiner à nouveau.

([1]) V. Grignard et R. Escourrou, *Comptes rendus*, 1923, t. 176, p. 1860; t. 177, p. 93.

([2]) *Comptes rendus*, 1896, t. 122, p. 1422.

([3]) *Bull.*, 1897, p. 175.

([4]) *Lieb. Ann.*, 1890, t. 258, p. 333.

([5]) *Bull.*, 1919, p. 68.

La plupart des procédés d'oxydation utilisés antérieurement pour déterminer la place de la double liaison, pouvant provoquer l'isomérisation, nous avons préféré recourir à l'ozonisation dont les belles recherches de Harries et de ses élèves ont démontré toute la valeur pour la détermination des constitutions.

On voit immédiatement que les produits utilisables pour la caractérisation des deux formes sont : pour la forme α, HCHO et ses produits d'oxydation, HCO^2H et CO^2; pour la forme β, $CH^3—CO—CH^3$. L'étude qualitative de l'ozonisation nous avait déjà révélé d'ailleurs, dans tous les cas, l'existence simultanée des deux formes.

Nous avons donc soumis à l'action de l'ozone des méthylhepténones d'origines diverses (1) :

1° et 2° Obtenues par hydrolyse du citral, soit avec le carbonate de potasse à 10 pour 100, soit avec la soude à 1 pour 100.

3° et 4° Extraites par distillation fractionnée, dans le vide, soit de l'essence de lemon-grass, soit de résidus de préparation de la pseudo-ionone.

Dans les deux premiers cas, la cétone bouillait à 173°-174° (corr.) sous 760^{mm}. Dans les troisième et quatrième cas, certains échantillons possédaient l'activité optique et ils pouvaient toujours être suspectés de contenir des terpènes, actifs ou non, inséparables par distillation, et dont la présence aurait rendu illusoires les conclusions à tirer de l'ozonisation.

Pour réaliser la séparation des terpènes, nous avons pensé qu'il serait possible de faire réagir sur ces méthylhepténones des organomagnésiens, sans modifier la position de la double liaison (2). Nous obtenons ainsi des alcools bouillant notablement plus haut que les terpènes, donc faciles à purifier, et tout aussi capables de révéler l'existence des formes α et β.

L'étude quantitative de l'ozonisation a présenté d'assez grosses difficultés, et ce n'est qu'après de longues recherches que nous avons pu instituer une méthode permettant de doser, dans des conditions satisfaisantes, les produits qui nous intéressent spécialement, à côté des autres produits d'oxydation, en particulier de l'aldéhyde et de l'acide lévuliques et du diacétylpropane.

Nous ne pouvons entrer ici dans une étude détaillée de nos essais. Disons seulement que nous avons dû renoncer à préparer l'ozonide anhydre dans

(1) Les matières premières nous ont été gracieusement fournies par les établissements Bernard-Escoffier, de Grasse et Lyon, que nous sommes heureux de remercier ici.

(2) Nous nous préoccupons d'en faire la preuve expérimentale.

le CCl^4, en raison de phénomènes d'entraînement des produits de destruction partielle et aussi de la production de peroxyde d'acétone, très volatil et impossible à rassembler complètement.

Il nous a paru préférable d'opérer en liqueur homogène hydro-acétique (10^{cm^3} d'acide, 2^{cm^3} d'eau, pour 3^g à 4^g de méthylhepténone). Le ballon-laboratoire était suivi de trois barboteurs à eau et d'un dernier contenant de la baryte titrée. Grâce à la solubilité de l'acide acétique, l'absorption des produits entraînés avec lui est facile. De plus nous n'avons pas constaté, dans ces conditions, la formation de peroxyde d'acétone. D'autre part, l'eau oxygénée résultant de l'hydrolyse immédiate de l'ozonide, oxyde plus ou moins complètement les aldéhydes en présence et peut même détruire un peu d'acide formique en dégageant CO^2.

Voici, sommairement, comment l'on procède pour l'analyse :

En général l'aldéhyde et l'acide formiques sont arrêtés, en totalité, dans le premier barboteur; l'acétone passe, en petite quantité, dans le deuxième. On réunit les contenus du ballon-laboratoire et du premier barboteur et on dilue à 100^{cm^3} exactement. On en prélève 20^{cm^3} pour le dosage de l'acide formique, 2^{cm^3} pour celui du formaldéhyde et l'on soumet le reste à la distillation avec une petite colonne pour séparer l'acétone qui sera dosée, avec celle des autres barboteurs, par la méthode de Messinger (1), à l'hypoiodite. Cette méthode dose en même temps le formaldéhyde, mais celui-ci, toujours en très faible quantité, est dosé seul colorimétriquement au moyen du réactif de Grosse-Bohle (2) (réactif de Schiff additionné de HCl).

La liqueur réservée pour le dosage de l'acide formique est additionnée d'une solution de SO^2 pour détruire l'eau oxygénée. Après 5 minutes de contact, à froid, on ajoute de l'oxyde rouge de mercure, en grand excès, qui détruit d'abord l'acide sulfureux restant, puis réagit ensuite, à chaud, sur l'acide formique en dégageant quantitativement CO^2.

Cette réaction signalée, il y a longtemps, par Liebig (3), nous a paru préférable, dans le cas présent, à la méthode de Fincke (4), modifiée ou non, car la présence d'aldéhyde lévulique permet de craindre une réduction supplémentaire du chlorure mercurique qui fausserait le dosage.

On fait donc bouillir doucement la liqueur ci-dessus, contenant environ dix fois la

---

(1) *Ber.*, 1888, p. 3366.

(2) *Zeits. Unters. Nahr. Genussm.*, 1907, t. 14, p. 89. — H. Fincke, *Ibid.*, 1914, t. 27, p. 246.

(3) *Lieb. Ann.*, t. 3, p. 208; t. 17, p. 74. — Voir Göbel, *Pharm. Centralbl.*, t. 4, 1833, p. 224; Varet, *Comptes rendus*, 1915, t. 140, p. 1642; *Bull.*, 1905, p. 957.

(4) *Zeits. Unters. Nahr. Genussm.*, 1911, t. 21, p. 9; t. 22, p. 96. — Voir aussi Grünhut, *Ibid.*, 1921, t. 41, p. 268; Franzen et Egger, *J. pr. Ch.*, 1911, t. 83, p. 323.

quantité théorique d'oxyde de mercure. On entraîne le CO^2 formé par un lent courant d'air préalablement purifié et on le recueille dans de la baryte titrée $\frac{N}{10}$. En employant 10^{cm^3} à 20^{cm^3} d'une liqueur ayant une acidité formique de l'ordre de $\frac{N}{10}$, l'opération demande une heure. L'aldéhyde lévulique n'est que partiellement oxydé et l'acide lévulique ne subit pas de décomposition appréciable, comme nous nous en sommes spécialement assurés.

Voici quelques-uns des résultats obtenus; les chiffres donnés représentent des pourcentages moléculaires :

Méthylhepténone.	CO^2 direct.	H CH O.	$H CO^2H$.	$CH^3CO CH^3$.
Du citral par CO^3K^2 à 10 %.	1,1	»	14,3	86,0
	Forme α = 15,4 %.			Forme β = 86 %.
Du citral par NaOH à 1 %..	0,4	0,4	21,5	76,5
	Forme α = 22,3 %.			Forme β = 76,5.
+ C^2H^5MgBr............	1,1	»	9,0	88,6
Diméthylocténol.	Forme α = 10,1 %.			Forme β = 88,6
+ C^4H^9MgBr............	0,8	»	9,3	63(?)
Diméthyldécénol.	Forme α = 10,1 %.			(accident)

Bien que les pourcentages trouvés pour les formes α et β ne soient pas rigoureusement complémentaires, on peut les considérer comme très satisfaisants. Nous avons pu vérifier d'ailleurs que les chiffres fournis par le dosage de l'aldéhyde et de l'acide lévuliques s'accordent convenablement avec les précédents en tenant compte des difficultés inhérentes à la présence du diacétylpropane.

Ces résultats ne nous permettent pas de nous associer aux conclusions de Verley. Les méthylhepténones « naturelles », quelle que soit leur origine, paraissent bien être des mélanges en équilibre des deux formes α et β, mais la forme α y est toujours en proportion assez faible, sans doute inférieure, dans tous les cas, à 25 pour 100.

Nous nous proposons de continuer cette étude et en particulier d'appliquer notre méthode de dosage à l'étude d'autres composés susceptibles de présenter la même isomérie.

NOMINATIONS.

M. G. **Bigourdan**, président du Comité d'organisation, demande à l'Académie de vouloir bien se faire représenter au *Congrès national de Chronométrie* qui se tiendra, à l'occasion du centenaire de la mort d'*A.-L. Breguet*, du 22 au 27 de ce mois, à l'Observatoire de Paris.

MM. **Émile Picard** et **G. Bigourdan** sont désignés pour représenter l'Académie à ce Congrès.

Le **Comité du souvenir du président Alfred Picard** invite l'Académie à déléguer un de ses membres à l'inauguration d'une plaque commémorative qui aura lieu, à Strasbourg, le dimanche 21 octobre.

M. **Maurice d'Ocagne** est désigné pour cet objet.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité** invite l'Académie à désigner des délégués à la seconde session de la *Conférence internationale* des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension, qui aura lieu du 26 novembre au 1er décembre prochain et en soumet le programme à l'Académie.

(Renvoi à la section de physique générale, à MM. Blondel et Paul Janet et à la division des applications de la science à l'industrie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Forestier. *L'énergie rayonnante*, Tableau synoptique de l'échelle des longueurs d'onde et des principales caractéristiques du rayonnement électromagnétique avec un résumé des théories actuelles. (Présenté par M. J. Perrin.)

2° Georges Hayem. *L'Hématoblaste, troisième élément du sang*. Avant-propos et annotations par le Dr L. Rivet. (Présenté par M. F. Widal.)

3° Félix Lagrange. *Les fractures de l'orbite par projectiles de guerre.* (Présenté par M. H. Vincent.)

4° Félix Lagrange. *Atlas d'Ophtalmoscopie de guerre.* (Présenté par M. H. Vincent.)

5° Marage. *L'audition et ses variations.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

6° Comte de Montessus de Ballore. *Ethnographie sismique et volcanique.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des séries trigonométriques.* Note de M. **Ervand Kogbetliantz**, présentée par M. Émile Borel.

Il est bien connu que les théorèmes classiques de Cantor et de du Bois-Reymond sont valables aussi quand la série proposée

$$(1) \qquad f(x) \sim a_0 + a_1 \cos x + b_1 \sin x + \ldots + a_n \cos nx + b_n \sin nx + \ldots$$

diverge étant sommable avec la somme $f(x)$ par les moyennes arithmétiques d'ordre $\delta < 1$ avec cette différence essentielle qu'il faut alors supposer sa sommabilité $(C, \delta < 1)$ avec la somme $f(x)$ *partout* dans $(0, 2\pi)$.

Soit E_δ un ensemble réductible de points exceptionnels *intérieurs* $\xi (0 < \xi < 2\pi)$ tels qu'en ces points la série (1) ou bien n'est pas sommable $(C, \delta < 1)$ ou, tout en l'étant, n'admet pas pour somme la valeur $f(\xi)$. Cet ensemble E_δ est l'analogue de l'ensemble E_0 que l'on rencontre dans les théorèmes de Cantor et de du Bois-Reymond, et le but de cette Note est l'introduction de l'ensemble E_δ dans les énoncés de théorèmes de M. Marcel Riesz [1].

Nous nous appuyons sur les généralisations de deux lemmes bien connus de Riemann. Le premier lemme peut être énoncé ainsi : soient Σu_n une série convergente et $\varphi(t)$ une fonction bornée ainsi que $\varphi'(t)$ et telle que

$$1^\circ \qquad \varphi(0) = 1$$

et

$$2^\circ \qquad \varphi(t) = O\left(\frac{1}{t^{1+\rho}}\right), \qquad \varphi'(t) = O\left(\frac{1}{t^{1+\rho}}\right) \qquad \text{pour } t \to \infty \quad (\rho > 0)$$

On a

$$\lim_{h=0} \Sigma u_n . \varphi(nh) = s = \lim_{m=\infty} s_m.$$

---

(1) M. Riesz, *Math. Annalen*, t. 71, 1911.

Dans le cas où

$$u_n = a_n \cos nx + b_n \sin nx \qquad \text{et} \qquad \varphi(t) = \left(\frac{\sin t}{t}\right)^2,$$

on obtient le premier lemme de Riemann.

M. L. Féjèr a démontré ([1]) le théorème analogue suivant : Soient Σu_n sommable (C, 1) avec la somme s, et $\varphi(t)$ une fonction bornée ainsi que sa dérivée seconde $\varphi''(t)$ et telle que

1°
$$\varphi(0) = 1$$

et

2° $$\varphi(t) = O\left(\frac{1}{t^{2+\rho}}\right), \qquad \varphi''(t) = O\left(\frac{1}{t^{2+\rho}}\right) \qquad \text{pour } t \to \infty \quad (\rho > 0).$$

On a

$$\lim_{h=0} \Sigma u_n \varphi(nh) = s = \lim_{m=\infty} s'_m.$$

En posant

$$u_n = a_n \cos nx + b_n \sin nx \qquad \text{et} \qquad \varphi(t) = \left(\frac{\sin t}{t}\right)^4,$$

on a le corollaire qui a servi à M. M. Riesz comme point de départ dans ses recherches. Or on démontre, à l'aide des dérivées à indice quelconque, le théorème général que voici :

Théorème. — *Soient Σu_n sommable* (C, δ) *avec la somme s, et $\varphi(t)$ une fonction bornée ainsi que sa dérivée $\varphi^{(\delta+1)}(t)$ d'ordre $\delta + 1$ et telle que*

1°
$$\varphi(0) = 1$$

et

2° $$\varphi(t) = O\left(\frac{1}{t^{1+\delta+\rho}}\right), \qquad \varphi^{(\delta+1)}(t) = O\left(\frac{1}{t^{1+\delta+\rho}}\right) \qquad \textit{pour } t \to \infty \quad (\rho > 0).$$

On a

$$\lim_{h=0} \sum_{n=0}^{\infty} u_n \varphi(nh) = s = \lim_{m=\infty} S_m^{(\delta)}.$$

Posons

$$\varphi(t) = \left(\frac{\sin t}{t}\right)^k, \qquad \text{où} \qquad k = E(k).$$

Les conditions de notre théorème sont visiblement satisfaites si l'on a

$$k > \delta + 1,$$

([1]) *Math. Annalen*, t. 58, 1904.

d'où le corollaire

$$\lim_{h=0} \sum^{\infty} u_n \left(\frac{\sin nh}{nh}\right)^k = \lim_{m=\infty} S_m^{(\delta)} \qquad (k > \delta + 1).$$

Si l'on choisit

$$u_n = a_n \cos nx + b_n \sin nx. \quad \text{et} \quad k = 2,$$

on a, quel que soit $\delta < 1$,

$$\lim_{h=0} \frac{F(x+2h) - 2F(x) + F(x-2h)}{4h^2} = f(x),$$

où $f(x)$ désigne la somme de la série divergente (1) et où l'on a posé

$$F(x) = a_0 \frac{x^2}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n \cos nx + b_n \sin nx}{n^2}.$$

On voit que *le premier lemme de Riemann reste valable aussi quand la serie* (1) *diverge pourvu qu'elle soit sommable* ($C, \delta < 1$). Quant au second lemme il est remplacé par le lemme suivant :

Si les coefficients a_n, b_n de la série (1) sont de la forme $o(n^{\delta})$ avec $\delta < 1$ pour $n \to \infty$, on a partout dans $(0, 2\pi)$

$$\lim_{h=0} \frac{\Delta_h^{2-\delta} F(x)}{h^{1-\delta}} = 0. \tag{2}$$

Ces deux résultats suffisent pour notre but parce que $F(x)$ se présente maintenant sous la forme usuelle

$$F(x) = \int_0^x \int_0^{\theta} f(t)\, dt\, d\theta + Ax + B,$$

où les constantes A et B sont les mêmes dans $(0, 2\pi)$ grâce à (2) et l'existence de l'ensemble E_δ de points *intérieurs* devient possible. Le raisonnement s'achève comme dans le cas des séries convergentes et la série bien connue

$$O \sim \frac{1}{2} + \cos x + \cos 2x + \ldots + \cos nx + \ldots$$

est exclue puisqu'elle n'est pas sommable (C, δ) aux points frontières $x = 0$, $x = 2\pi$ qui ne font pas partie de l'ensemble E_δ.

Ainsi la restriction qu'on rencontre dans les deux théorèmes de M. M. Riesz et qui fait exclure l'ensemble E_δ de leurs énoncés n'est due qu'à la méthode employée par M. M. Riesz.

Observons que notre théorème permet de préciser le rapport entre les

deux méthodes de sommation des séries divergentes : celle de Cesàro et celle de Riemann, qu'on peut définir ainsi : la série divergente $\sum_0^\infty u_n$ est dite sommable par la méthode de Riemann d'ordre γ, bref sommable (R, γ), avec la somme s, si l'on a

$$\lim_{h=0} \sum_{n=0}^{\infty} u_n \left(\frac{\sin nh}{nh}\right)^\gamma = s.$$

On déduit de notre théorème le corollaire :

Une série sommable (C, δ) *avec la somme s l'est aussi avec la même somme* (R, γ) *si l'on a* $\gamma > \delta + 1$.

Il serait très intéressant de compléter ce résultat et d'étudier les cas $\gamma \leqq \delta_0 + 1$ pour les séries qui ne sont sommables (C, δ) que si $\delta \geqq \delta_0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales à plusieurs paramètres et leurs applications techniques.* Note [1] de M. **F.-H. van den Dungen**, transmise par M. Émile Borel.

1. *Résolution formelle.* — Soit à résoudre l'équation à deux paramètres

$$y_x = \lambda \int_0^l L(x, s) y_s \, ds + \mu \int_0^l M(x, s) y_s \, ds + f(x).$$

Posons

$$\lambda L(x, s) + \mu M(x, s) = K(x, s)$$

et écrivons les formules ordinaires de la résolution des équations à un paramètre, pour la valeur $+1$ de ce paramètre : nous obtenons ainsi, par exemple, l'expression

$$y_x = f(x) + \int_0^l \frac{\mathfrak{D}\left(\begin{matrix} x \\ s \end{matrix} \middle| \lambda, \mu\right)}{D(\lambda, \mu)} f(s) \, ds$$

qui résout formellement le problème fondamental; on peut vérifier que D et $\mathfrak{D}$ sont exprimables par des séries entières en λ et μ, à savoir

$$D(\lambda, \mu) = 1 - \int_0^l (\lambda L + \mu M) \left| \begin{matrix} s_1 \\ s_1 \end{matrix} \right| ds_1 + \ldots$$
$$+ \frac{(-1)^n}{n!} \int_0^l \cdots \int_0^l (\lambda L + \mu M) \left| \begin{matrix} s_1 & \ldots & s_n \\ s_1 & \ldots & s_n \end{matrix} \right| ds_1 \ldots ds_n + \ldots$$

[1] Séance du 1er octobre 1923.

et

$$\mathfrak{D}\left(\begin{matrix} x \\ s \end{matrix}\middle| \lambda, \mu\right) = (\lambda L + \mu M)\left| \begin{matrix} x \\ s \end{matrix} \right| - \int_0^l (\lambda L + \mu M)\left| \begin{matrix} x & s_1 \\ s & s_1 \end{matrix} \right| ds_1 + \ldots$$

où nous avons représenté par

$$(\lambda L + \mu M)\left| \begin{matrix} s_1 & \ldots & s_n \\ s_1 & \ldots & s_n \end{matrix} \right|$$

un déterminant à n^2 éléments dont le terme général est

$$\lambda L(s_i, s_j) + \mu M(s_i, s_j).$$

On remarquera que l'on a, en particulier,

$$D(\lambda, 0) = D(\lambda) \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{D}\left(\begin{matrix} x \\ s \end{matrix}\middle| \lambda, 0\right) = \lambda D\left(\begin{matrix} x \\ s \end{matrix}\middle| \lambda\right).$$

On généralise ainsi aisément les principaux théorèmes de la théorie des équations à un paramètre. On trouvera que, dans un certain domaine, on a

$$ln\, D(\lambda, \mu) = A_{1,0}\lambda + A_{0,1}\mu + \frac{1}{2}(A_{2,0}\lambda^2 + 2A_{1,1}\lambda\mu + A_{0,2}\mu^2) + \ldots,$$

où $A_{n,0}$ et $A_{0,n}$ sont les $n^{\text{ièmes}}$ traces ordinaires des noyaux L et M, tandis que $A_{h,k}$ est une trace mixte, obtenue par l'intégration du produit de h noyaux L par k noyaux M.

2. *Équation homogène.* — De même que l'équation homogène en λ n'est satisfaite que pour des valeurs caractéristiques, l'équation homogène à deux paramètres ne peut être résolue que s'il existe une *relation caractéristique* entre λ et μ; un théorème fondamental montre que *toute relation caractéristique est linéaire :* les seules relations possibles sont de la forme

$$\frac{\lambda}{\lambda_i} + \frac{\mu}{\mu_j} = 1,$$

λ_i et μ_j étant respectivement des valeurs caractéristiques des noyaux L et M. Dans le cas particulier où les noyaux ne diffèrent que par un facteur, fonction de x ou de s seulement, ce sont les nombres caractéristiques de même rang qui interviennent dans la relation précédente [1], les relations

[1] Ces résultats s'obtiennent facilement par l'emploi de la méthode d'induction de M. Goursat, en mettant les noyaux sous forme réduite. On voit qu'alors

$$A_{n,0} = \Sigma(\lambda_i)^{-n} \qquad \text{et} \qquad A_{h,k} = \Sigma(\lambda_i)^{-h}(p_i)^{-k}$$

dans le cas particulier considéré.

caractéristiques sont alors

$$\frac{\lambda}{\lambda_1}+\frac{\mu}{\mu_1}=1, \qquad \frac{\lambda}{\lambda_2}+\frac{\mu}{\mu_2}=1, \qquad \ldots.$$

3. *Remarque.* — Tous les résultats précédents s'étendent immédiatement aux équations à un nombre fini quelconque de paramètres; cela résulte de leur forme même.

4. *Applications techniques.* — Étudions la stabilité d'un rotor soumis au flambement [1]; la forme des noyaux de l'équation intégrale de ce problème montre que les relations caractéristiques sont les plans dans un système d'axes ω^2, α^2, ν d'équation

$$\frac{\omega^2}{\omega_n^2}+\frac{\alpha^2}{\alpha_n^2}+\frac{\nu}{\nu_n}=1 \qquad (n=1, 2, 3, \ldots),$$

d'où l'on déduit d'importants théorèmes dans les divers cas particuliers que renferme le problème précédent; par exemple :

a. Une compression diminue les vitesses critiques, une traction les augmente.

b. Une pièce soumise au flambement n'est stable que sous la première charge critique; le degré d'instabilité croît à chaque charge critique franchie.

c. Un rotor, soumis au flambement ou non, n'est stable que sous la première vitesse critique; le degré d'instabilité croît à chaque vitesse critique franchie. Il ne s'agit ici que de la stabilité *séculaire*.

d. Un rotor présente autant de charges de *flambement par traction* qu'il a franchi de vitesses critiques. Cette propriété de l'existence de charges de flambement par traction, constitue un *nouvel effet physique* que nous espérons pouvoir expérimenter sous peu.

AVIATION. — *Sur le mécanisme du vol à voile.*
Note de M. **N. Vasilesco Karpen**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans une Note récemment parue aux *Comptes rendus* [2], M. Charles Nordmann, dans le but de remédier à certaines insuffisances des théories antérieurement proposées pour le vol à voile des oiseaux, émet l'hypothèse

---

[1] Voir notre Note, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 574.
[2] Séance du 20 août 1923.

que l'oiseau voilier qui emploie les variations horizontales de la vitesse du vent vole en recevant le vent relatif tantôt par l'avant, tantôt par l'arrière, et que dans ce dernier cas l'angle d'attaque devient négatif. De cette façon il y aurait toujours une poussée sustentatrice; l'oiseau n'aurait qu'à changer son inclinaison sur l'horizontale suivant la direction du vent relatif.

Laissant de côté la difficulté d'admettre un vol « à rebrousse plume », il semble que la manœuvre indiquée par M. Nordmann ferait sûrement tomber l'oiseau. En effet l'oiseau planeur, comme l'aéroplane, n'arrive à se soutenir que lorsque la vitesse du vent relatif dépasse une certaine vitesse critique relativement considérable; pour les vitesses du vent relatif inférieures à cette vitesse critique, l'oiseau tombe.

Or, pour que le vent relatif qui soufflait face à l'oiseau puisse changer de sens, il faut qu'il commence par diminuer au-dessous de la vitesse critique, qu'il s'annule, et qu'il augmente, en sens contraire, jusqu'à cette même vitesse critique; pendant tout ce temps l'oiseau tombe. C'est exactement ce qui se passerait si, voulant retourner sur ses pas, un pilote d'aéroplane, au lieu de décrire une orbe en gardant une vitesse relative (vent relatif) suffisante, essayait d'arrêter son moteur et de faire marche arrière en changeant son angle d'attaque.

Le problème du vol à voile n'est autre chose qu'un simple problème de mécanique. Qu'il me soit permis de rappeler que j'ai traité ce problème, il y a dix ans, dans une série de Notes parues aux *Comptes rendus* (1) et dans un article détaillé paru au *Journal de Physique* (2).

Dans le cas particulier envisagé par M. Nordmann (emploi de l'accélération horizontale du vent), je suis arrivé à la conclusion suivante :

La manœuvre que l'oiseau voilier doit exécuter pour profiter au mieux des variations de la vitesse horizontale du vent *consiste à diriger constamment sa vitesse relative dans un sens contraire à celui de l'accélération du vent*, et à garder à cette vitesse une valeur voisine de celle qui rend minimum le travail nécessaire, pour la sustentation et la pénétration, par unité de distance relative parcourue.

L'énergie dont dispose à un moment donné l'oiseau voilier de poids P est, si β est la vitesse relative,

$$W = \frac{1}{2}\frac{P}{g}\beta^2.$$

(1) *Comptes rendus*, 20 janvier, 10 mars et 2 juin 1913.

(2) *Journal de Physique*, février et mai 1913.

L'oiseau, pour se soutenir et pour avancer, perd de cette énergie en perdant de la vitesse relative; il ne peut refaire l'énergie perdue que s'il y a une accélération v' du vent. En dirigeant sa vitesse relative dans un sens *contraire* à l'accélération du vent (quels que soient la direction et le sens de cette accélération), l'oiseau ne fait qu'augmenter sa vitesse relative β et, par conséquent, W. Dans ces conditions, l'énergie captée par l'oiseau dans l'unité de temps est

$$\Delta W = \frac{P}{g}\beta\frac{d\beta}{dt} = \frac{P}{g}\beta\frac{dv}{dt} = \frac{P}{g}\beta v',$$

dans le cas du vent de direction constante mais de vitesse variable; si la vitesse du vent augmente, l'oiseau volera contre le vent; si le vent diminue, l'oiseau, tout en gardant une vitesse relative suffisante, décrira une orbe — en perdant de la hauteur ou de la vitesse — pour arriver à voler *dans la direction du vent.*

Malgré la possibilité pour l'oiseau d'utiliser l'accélération horizontale du vent, je pense qu'étant donnée la petitesse insoupçonnée du vent ascendant suffisant pour soutenir l'oiseau, c'est ce vent qui constitue le facteur principal ou du moins le plus fréquent du vol à voile.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1923. Note [1] de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

La persistance du mauvais temps n'a permis d'observer [2] que 62 jours dans ce trimestre, et voici les principaux faits qu'on en déduit :

Taches. — Par comparaison avec le trimestre précédent [3], les taches ont diminué d'une manière considérable; on a, en effet, enregistré 6 groupes avec une surface totale de 57 millionièmes, au lieu de 14 et 1550 respectivement.

Le nombre des groupes est semblable de part et d'autre de l'équateur; mais avec le chiffre de 3 au lieu de 7. On n'a relevé aucune tache dans l'hémisphère austral pendant le mois de mars; un fait semblable s'était produit au mois d'avril de 1922.

D'ailleurs, le nombre des jours notés *sans taches* est de 46 au lieu de 21, d'où il résulte une proportion de 0,74 au lieu de 0,34.

---

(1) Séance du 1er octobre 1923.

(2) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(3) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 671.

Enfin, la latitude moyenne des taches a passé de $-6°,9$ à $-6°,0$, d'une part, et de $+9°,1$ à $+7°,5$, d'autre part.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules est de 50, au lieu de 39, mais leur aire totale est très peu différente, avec 32,0 millièmes au lieu de 30,0.

Dans leur répartition par hémisphère, on a enregistré 5 groupes en plus au Sud (18 au lieu de 13) et 6, en plus également, au Nord (32 au lieu de 26).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier. — 0,79.			
22	1	27,4	−2	—	4
	19 j.		−2°,0		
		Février. — 0,80.			
7	1	2,8	−8		3
12	1	7,2	−8		8
		Février (suite).			
15-16	2	14,6	—	+10	4
	20 j.		−8°,0	+10°	
		Mars. — 0,65.			
16	1	20,2		+ 5,5	7
22-25	4	21,2	—	+ 7	31
	23 j.			+ 6°,3	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1923.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	»	»	1	1	»	»	»	»	»	»	1	4
Février......	»	»	»	»	2	2	1	1	»	»	»	»	3	15
Mars........	»	»	»	»	»	»	2	2	»	»	»	»	2	38
Totaux...	»	»	»	»	3	3	3	3	»	»	»	»	6	57

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1923.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	»	»	2	2	11	6	5	»	»	»	13	9,6
Février......	»	»	1	2	5	8	9	3	4	1	1	»	17	9,6
Mars........	»	»	1	2	5	8	12	5	5	»	2	»	20	12,8
Totaux....	»	»	2	4	12	18	32	14	14	1	3	»	50	32,0

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une méthode de mesure pour un fort rayonnement.* Note de Mlle St. Maracineanu, présentée par M. G. Urbain.

Étant donné que pour un fort rayonnement α il est difficile ou impossible d'atteindre le courant de saturation, une méthode de mesure indépen-

dante de ce courant serait intéressante. Plusieurs expérimentateurs ont indiqué des méthodes dans ce but ([1]).

Le principe que j'ai utilisé est le suivant : Si dans une chambre d'ionisation contenant une substance radioactive constante on fait varier la tension, on obtient la courbe bien connue dite courbe de saturation et le début de cette courbe est une ligne droite, le courant obéissant à la loi d'ohm.

Si l'ionisation était uniforme on aurait

$$i = sehn_0 (k_1 + k_2) \tag{1}$$

(où i est le courant d'ionisation produit par un champ faible, e la charge d'un ion supposée la même pour les ions des deux espèces, n_0 la concentration des ions, h le champ, k_1 et k_2 les mobilités respectives des ions positifs et négatifs, s la surface du plateau supérieur de la chambre d'ionisation efficace au passage du courant); tandis que le courant de saturation est

$$\mathrm{I} = s\mathrm{N}de \tag{2}$$

(où N est le nombre des ions positifs et négatifs, créés par unité de temps dans l'unité de volume du gaz, et d la distance des plateaux).

A l'état de régime, $n = \sqrt{\frac{\mathrm{N}}{\alpha}}$; donc i proportionnel à $\sqrt{\mathrm{I}}$ (où α est le coefficient de recombinaison). Donc en utilisant le rapport $\frac{\sqrt{\mathrm{I}}}{i} = \mathrm{K}$ on peut, en mesurant le courant produit par un champ faible, calculer la valeur du courant de saturation.

L'appareil de mesure se composait d'un électromètre, d'un quartz piézo-électrique, d'une chambre d'ionisation à plateaux et d'un potentiomètre.

Vérification de la loi d'Ohm pour le début de la courbe. — L'accord avec la loi d'Ohm a été vérifié pour un intervalle de 0,2 volt à 1 volt, intervalle dans lequel j'ai mesuré les lames fortement actives.

La tension étant très faible l'effet des forces électromotrices de contact est très marqué, de sorte que j'ai toujours pris comme résultats de mes mesures la moyenne des mesures faites successivement à un potentiel négatif et à un potentiel positif.

Constance du rapport $\frac{\sqrt{\mathrm{I}}}{i} = k$. — Si l'on désigne par $\mathrm{I} = \mathrm{I}_0 e^{-\lambda t}$ l'équation exponentielle de la décroissance d'une substance radioactive, mesurée à la

---

([1]) Mlle I. Curie, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1462. — H. Fénovitz, *Wienerberichte*, 1919.

haute tension, la constance du rapport $\frac{\sqrt{I}}{i}$ exige que le courant i, mesuré à une faible tension constante, soit représenté par $i = i_0 e^{-\frac{\lambda}{2}t}$.

(I et i étant les intensités à un moment t, I_0 et i_0 les intensités initiales et λ la constante radioactive.)

Cette équation a été vérifiée dans mes expériences pour certaines conditions de distance. Dans ces conditions donc, tout se passe comme si l'ionisation était uniforme.

Expérimentalement, j'ai déterminé cette distance pour un dépôt actif de l'actinium en construisant les courbes de décroissance à une haute et à une faible tension pour diverses distances entre les plateaux et en calculant le rapport $\frac{\sqrt{I}}{i}$ pour des points pris au même instant t sur les deux courbes. Par exemple, pour un disque de 3^{cm} de diamètre pour 5^{cm} de distance entre les plateaux, $T = 36$ minutes et $T' = 72$ minutes (T étant la période de la substance et T' la période apparente pour les mesures à champs faibles).

Le Tableau I donne les valeurs de I, i, $\frac{\sqrt{I}}{i}$:

TABLEAU I.

I (mesuré à 700 volts).	i (mesuré à 0,8 volt).	$\frac{\sqrt{I}}{i}$.
0,04656	0,04656	4,64
12,62	0,7499	4,74
53,96	1,532	4,8
142,9	2,444	4,9
Courbes extrapolées.		
6999	17,05	4,9
129600	73,29	4,9
1000000	201,9	4,9

(les valeurs étant données en unités arbitraires, pouvant être converties à volonté en unités absolues).

Pour du polonium, la distance favorable a été déterminée en me servant de deux lamelles d'argent sur lesquelles le polonium était déposé en petites gouttes : l'intensité de l'une étant le quart de l'intensité de l'autre, pour la distance entre les plateaux de $3^{cm},37$ à une faible tension les intensités respectives devenaient i et $\frac{i}{2}$, donc pour cette distance $T' = 2T$ et $\frac{\sqrt{I}}{i} = \text{const.}$

Le Tableau II, duquel on constate aussi l'accord avec la loi d'Ohm, donne ces valeurs.

TABLEAU II.

	$I = 768$ gr/sec.		$I' = \frac{I}{4} = 192$ gr/sec.	
V.	$i.$	$\frac{\sqrt{I}}{i}.$	$i' = \frac{i}{2}.$	$\frac{\sqrt{I'}}{i'}.$
v				
1..............	10,01	2,77	5,05	2,76
0,8............	8,1	3,41	4,05	3,43
0,6............	6,16	4,5	3,10	4,5
0,4............	4,12	6,72	2,06	6,74
0,2............	2,05	13,5	1,05	13,3

Dans ces conditions de distance on peut mesurer des lames de polonium pour lesquelles le courant de saturation correspondrait à 20 milles ES et davantage avec une précision de quelques pour cent.

Les résultats des lames fortes de polonium pour cette méthode ont été en bon accord avec ceux obtenus avec l'appareil à secteurs de Mlle Curie.

Pour comparer ces résultats à ceux que donnerait l'ionisation uniforme, on peut calculer le rapport $\frac{\alpha}{e}$ par la relation $\frac{\alpha}{e} = \frac{SV^2 I(k_1 + k_2)}{i^2 d^3}$ déduite des équations (1) et (2).

En considérant comme surface efficace au passage du courant celle déterminée par les rayons α extrêmes pouvant atteindre l'électrode supérieure j'ai obtenu pour $\frac{\alpha}{e}$ la valeur 4100, laquelle comme ordre de grandeur semble correspondre à une ionisation qui pratiquement ne serait pas éloignée d'être uniforme.

Étant donné toutes ces considérations et le fait que les mesures des lames fortes de polonium de valeur connue ont donné d'assez bons résultats, nous croyons que cette méthode pourrait rendre service pour la mesure tout au moins approximative de sources très intenses de rayonnement α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les solutions aqueuses de bicarbonate d'ammonium.* Note de M. **CLAUDE BONNIER**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorqu'on dissout du bicarbonate d'ammonium dans de l'eau, il se produit un abondant dégagement gazeux. Si l'on opère en vase clos, dans une chambre barométrique, par exemple, on peut arriver à obtenir d'assez fortes pressions. Ce fait a déjà été indiqué par de nombreux auteurs. Cer-

tains ont donné des indications sommaires sur l'ordre de grandeur des pressions produites (1).

Les expériences qui font l'objet de cette Note ont pour but de donner quelques chiffres précis et de déterminer l'influence, sur ces pressions, de deux facteurs importants, qui sont :

1° La concentration de la solution ;

2° Le rapport des volumes de la solution et de la phase gazeuse, autrement dit le volume laissé libre au-dessus de la solution.

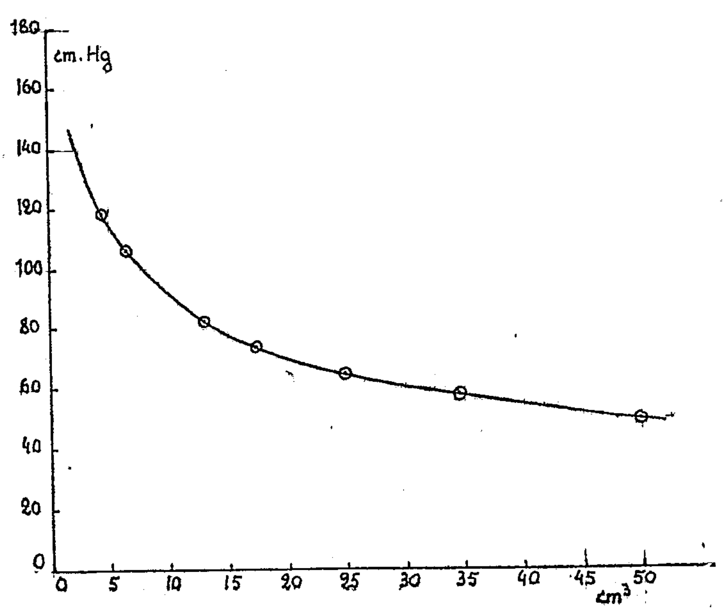


Fig. 1. — Variation de la pression existant au-dessus de solutions aqueuses saturées de CO^3HAm, suivant le volume laissé libre au-dessus de ces solutions (à 20°) (pour 1g de bicarbonate).

Un troisième facteur, la température, a été étudié par M. Nishizsawa (2), qui a donné la formule

$$\text{Log } P = 2,55169 + 0,0499125\, t - 0,0008515\, t^2 + 0,0000102256\, t^3,$$

où P est évalué en centimètres de mercure et t en degrés centigrades. Les solutions sont saturées et le volume libre négligeable. La croissance de la pression avec la température est extrêmement rapide.

Toutes mes expériences ont été faites à 20°.

(1) Dibbits, *J. prakt. Chemie*, t. 3 (10), 1874, p. 417, et Berthelot et André, *Comptes rendus*, t. 103, 1886, p. 665.

(2) *Bull. Soc. chim.*, t. 30, 1921, p. 1139.

L'appareil employé se composait essentiellement d'une chambre barométrique mobile, immergée dans un thermostat. Le volume libre au-dessus de la solution pouvait être maintenu à une valeur fixe pendant toute une série d'expériences.

La courbe ci-dessous donne la variation de pression en fonction du volume libre au-dessus de la solution (pour 1g de bicarbonate). Les solutions contenaient 80 pour 100 d'eau en poids, concentration voisine de la saturation.

Pour ce qui concerne l'influence de la saturation, on a donné trois courbes, correspondant à des volumes libres différents.

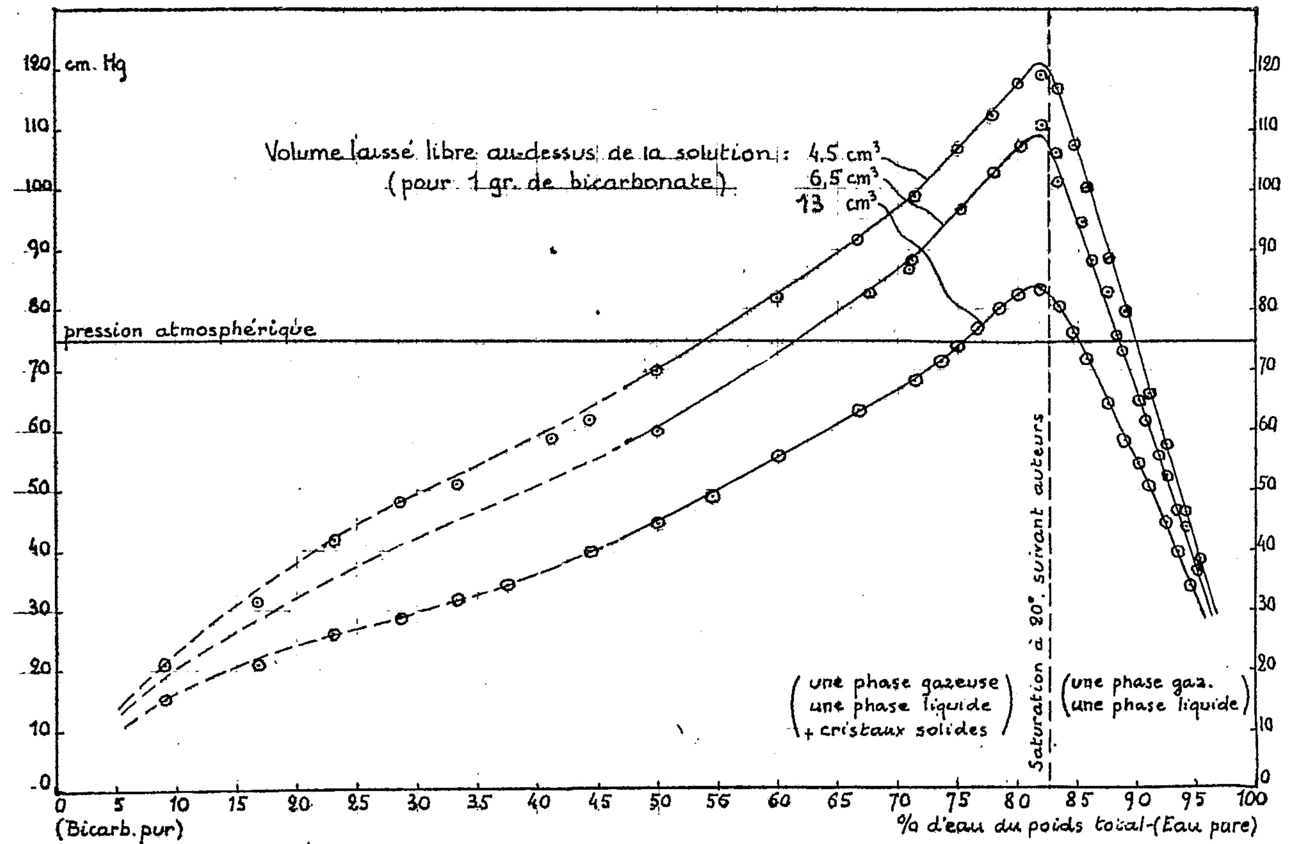


Fig. 2. — Pressions existant au-dessus de solutions aqueuses de bicarbonate d'ammonium suivant la concentration (à 20°).

La partie en pointillé de chaque courbe correspond à des résultats douteux, car on opérait, pour ces concentrations, avec peu d'eau et la surface libre était ou inexistante, ou peu nette. L'appareil ne se prêtait pas à la mesure des basses pressions.

Les auteurs (1) indiquent, à 20°, une solubilité de 21g dans 100g d'eau,

(1) Dibbits, *loc. cit.*; Fedotiev et Koltienov, *Tables de constantes*.

soit une concentration de 82,6 pour 100 d'eau. Le maximnm des courbes obtenues se produit un peu avant et correspond à une solubilité de 22g,2.

Ceci peut venir du fait que, quand on mesure la solubilité du bicarbonate, on est exposé, par suite du dégagement gazeux inévitable, à trouver des teneurs en CO^2 et NH^3 trop faibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des carbures acétyléniques vrais à partir du propylène dibromé-2.3 par l'amidure de sodium : l'hexine et le cyclohexylpropine vrais.* Note de M. **Bourguel**, présentée par M. Haller.

Dans une Note précédente [1], j'ai indiqué qu'il était avantageux de remplacer la potasse par l'amidure de sodium lors de l'enlèvement d'une ou de deux molécules d'hydracide aux dérivés halogénés des carbures. On obtenait ainsi facilement le carbure acétylénique vrai exempt de son isomère substitué.

J'ai ainsi attaqué par l'amidure les composés éthyléniques que l'on obtient par la méthode de M. Lespieau [2].

Si dans un magnésien, $C^6H^{11}MgBr$ par exemple, on fait tomber du propylène dibromé-2.3 $CH^2Br-CBr=CH^2$, on arrive, suivant l'équation

$$(1)\quad C^6H^{11}MgBr + BrCH^2-CBr=CH^2 = MgBr^2 + C^6H^{11}-CH^2-CBr=CH^2,$$

à un composé éthylénique bromé.

Ce produit traité par l'amidure de sodium donne très facilement, suivant l'équation

$$(2)\quad C^6H^{11}-CH^2-CBr=CH^2 + NH^2Na = NaBr + NH^3 + C^6H^{11}CH^2-C\equiv CH,$$

le cyclohexylpropine vrai pratiquement exempt de son isomère substitué $C^6H^{11}-C\equiv C-CH^3$.

Le procédé est général : il permet la synthèse d'un grand nombre de carbures acétyléniques.

La réaction (2) se fait facilement et les rendements à partir du bromure avoisinent 60 pour 100 du produit pur. Par contre la réaction (1) était jusqu'ici plus difficile :

Dans beaucoup de cas les bromures éthyléniques n'étaient pas faciles à obtenir. Elle était en effet accompagnée de réactions secondaires dont les

---

(1) Bourguel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 751.

(2) Lespieau, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1584; *Bull.*, 1921, p. 527.

produits diminuaient de beaucoup le rendement et compliquaient l'extraction du produit intéressant. En particulier dans le cas du bromure de cyclohexylmagnésium la séparation est presque inextricable.

Le propylène dibromé possède en effet une double liaison et deux bromes : 1° sur la double liaison le magnésien peut se fixer; 2° les bromes peuvent tous les deux agir. De plus le magnésien agit comme du zinc ou du magnésium, il enlève 2 Br. J'ai pu mettre en évidence de l'allène formé très vraisemblablement suivant l'équation

$$CH^2Br - CBr = CH^2 + RMgBr = MgBr^2 + RBr + CH^2 = C = CH^2.$$

Il est bien possible aussi que cette dernière réaction ait lieu entre atomes de brome appartenant à des molécules différentes : de là, en présence d'un excès de magnésien, un grand nombre de combinaisons possibles.

Et en effet l'expérience a montré que si, à chaque instant, le propylène dibromé était en grand excès par rapport au magnésien, le rendement en produit $R - CH^2 - CBr = CH^2$ doublait ou triplait. Surtout il devenait très aisé de l'obtenir pur.

Il suffit pour cela de laisser tomber lentement une molécule du magnésien, soigneusement décanté, dans un excès de propylène dibromé.

Ainsi ont été préparés :

— A partir du bromure d'éthylmagnésium : $C^2H^5 - CH^2 - CBr = CH^2$ le pentine vrai.

— A partir du bromure de propylmagnésium : $C^3H^7 - CH^2 - CBr = CH^2$.

Ce corps n'avait pas encore été préparé. Il bout à 134° sous 760^{mm}. Sa densité est $d_{19} = 1,203$, son indice $n_D^{19} = 1,455$. Dosage de brome : trouvé, 49,6 pour 100; calculé, 49,05 pour 100.

Ce bromure a conduit à l'hexine normal vrai, qui bout à 70°-71°. Ce qui est bien le point d'ébullition déjà trouvé par M. Picon.

— A partir du bromure de phénylmagnésium : $C^6H^5CH^2 - CBr = CH^2$, le phénylpropine vrai.

— A partir du bromure de cyclohexylmagnésium :

$$C^6H^{11} - CH^2 - CBr = CH^2.$$

Ce corps a été obtenu par M. Lespieau, mais en petite quantité. Il bout à 84°-85° sous 10-11^{mm}, densité $d^{20} = 1,125$, indice $n_D^{20} = 1,495$. Dosage de brome : trouvé, 39,8 pour 100; calculé, 39,4 pour 100.

Ce bromure conduit par l'amidure de sodium au cyclohexylpropine vrai

$$C^6H^{11} - CH - C \equiv CH.$$

Cc corps a déjà été obtenu par M. Lespieau, mais en très petite quantité; c'est un liquide incolore que ni la lumière ni le temps n'altèrent. (Je signale en passant que l'amidure de sodium donne en général les carbures exempts de produits bromés, ils se conservent incolores.) Il bout à 48° sous 12^{mm}, distille sans décomposition à 155° sous 760^{mm} (température corrigée 157°). Il précipite en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal, il donne avec le nitrate d'argent alcoolique un précipité cristallisé de formule

$$C^6H^{11}-CH^2-C\equiv CAg, \quad NO^3Ag.$$

Dosage d'argent : trouvé, 54,05 pour 100; calculé, 54,13 pour 100. Avec l'iode il ne donne pas le bromure cristallisé. Densité, $d_{20}=0,836$; indice, $n_D^{20}=1,459$. Réfraction moléculaire : trouvé, 39,90; théorie, 39,52; Cryoscopie acétique : M = 121; calculé, M = 122.

Analyse.

	Calculé.	Trouvé.
C pour 100................	88,5	87,8
H pour 100................	11,5	11,7

Pour terminer et pour montrer que cette méthode est d'un emploi commode je dirai qu'à partir de 1^{kg} de bromure d'allyle — matière première commerciale du propylène dibromé-2.3 — on obtient 200^g environ de pentine ou d'hexine vrais purs, ou bien 300^g environ de phénylpropine ou de cyclohexylpropine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique de l'éthylglycérine.* Note de M. **Raymond Delaby**, transmise par M. A. Béhal.

Depuis 1843, date du premier essai de déshydratation de la glycérine ordinaire par Redtenbacher [1], cette réaction a suscité un nombre considérable de travaux. Ayant proposé une synthèse commode des glycérines monoalcoylées en α [2], j'ai tenté sur celle-ci l'action des déshydratants dans l'espoir d'établir une méthode générale de préparation des aldéhydes non saturés αβ, dont on ne connaît encore qu'un mode de formation pour les termes au delà de C^4 [3].

Disons tout de suite que la déshydratation ne s'effectue pas dans le sens souhaité : elle aboutit à la production dans les fractions légères, de mélanges inséparables par distillation fractionnée dans lesquels on peut déceler de

(1) J. Redtenbacher, *Lieb. Ann.*, t. 47, 1843, p. 113.
(2) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 967 et 1152.
(3) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1900.

l'acroléine, formée par rupture de la chaîne, une cétone vinylée et un composé du furfurane de constitution indéterminée.

Ce résultat pouvait être prévu à l'examen des possibilités nombreuses de déshydratation de la molécule. Déjà avec la glycérine ordinaire, à côté du processus classique de formation d'acroléine (A), on doit envisager le cas où la première molécule d'eau s'élimine aux dépens de l'oxhydrile de la fonction alcool primaire (B) : ainsi, lorsqu'on effectue la décomposition

$$(A)\quad [CH^2OH - CH = CHOH] \rightarrow CH^2OH - CH^2 - CHO \rightarrow CH^2 = CH - CHO$$

$$CH^2OH - CHOH - CH^2OH$$

$$(B)\quad [CH^2OH - C(OH) = CH^2] \rightarrow CH^2OH - CO - CH^3 \rightarrow CH^2O + CH^3 - CHO$$

sur pierre ponce à 450°, ces deux réactions se font avec la même vitesse [1]; par catalyse sur SO^4Mg anhydre, Wohl et Mylo [2] ont montré que la réaction (A) est favorisée à basse température (330°-340°), alors qu'une élévation d'une trentaine de degrés seulement amène déjà la production d'une quantité importante d'acétaldéhyde (réaction B).

Devant ces faits, on doit envisager les modes de décomposition variés des alcoylglycérines : le schéma très complexe des possibilités théoriques de déshydratation de l'une d'entre elles, l'éthylglycérine par exemple, se traduit finalement par la formation des composés suivants :

Deux penténals C^5H^8O $\begin{cases} CH^3 - CH = CH - CH^2 - CHO & (I) \\ CH^3 - CH^2 - CH = CH - CHO & (II) \end{cases}$

Deux penténones C^5H^8O $\begin{cases} CH^3 - CH = CH - CO - CH^3 & (III) \\ CH^3 - CH^2 - CO - CH = CH^2 & (IV) \end{cases}$

Un pentadiénol C^5H^8O : $CH^3 - CH = C = CH - CH^2OH$ (V)

aldéhydes formique et butyrique.

Ces possibilités n'excluent pas la coupure de la chaîne avec production d'acroléine ou des déshydratations avec cyclisation conduisant à des dérivés dihydrofurfurane.

En fait, lorsqu'on fait passer de l'éthylglycérine sur du sulfate de magnésium anhydre maintenu à 340°-360° en s'arrangeant de manière que les produits bouillant au-dessous de 130° soient immédiatement séparés, on obtient un liquide jaunâtre, à odeur piquante très désagréable et lacrymogène; il se

(1) J.-U. Nef, *Lieb. Ann.*, t. 335, 1904, p. 191.

(2) A. Wohl et B. Mylo, *Ber.*, t. 45, 1912, p. 2046.

forme deux couches : la couche aqueuse est décantée, la partie supérieure est séchée et soigneusement rectifiée.

Le fractionnement à la pression ordinaire au moyen d'une colonne Vigreux garnie de 20^{cm} de pointes s'échelonne encore après sept tours de 50° à 125°. Seule la fraction 50°-55° redistille à point fixe (52°) et présente les constantes de l'acroléine. La vapeur des liquides séparés de 5° en 5° de 75° à 90° colore un copeau de sapin fraîchement coupé et imprégné d'acide chlorhydrique (dérivés du furfurane); mais toutes tentatives de fractionnement ultérieur avec isolement de corps à point d'ébullition fixe ont échoué. Enfin, entre 100° et 120° distille la majeure partie des produits rectifiés; on pourrait s'attendre à y rencontrer les penténals (I) et (II), les penténones (III) et (IV) dont la formation est théoriquement possible; l'action de la semicarbazide montre clairement la présence de vinyléthylcétone (IV) en quantité prépondérante.

Que l'on fasse réagir le chlorhydrate de semicarbazide en solution chlorhydrique ou en solution acétique sur l'une quelconque des quatre fractions isolées de 5° en 5° entre 100° et 120°, on n'obtient que des précipités amorphes, insolubles dans les dissolvants usuels, et pour lesquels le dosage d'azote donne des résultats intermédiaires entre les chiffres théoriques d'une semicarbazone (29,7 pour 100) et d'une semicarbazo-semicarbazone (38,8 pour 100) de tous ces isomères C^5H^8O : c'est bien là la caractéristique des cétones vinylées [1].

Les autres composés se comporteraient différemment vis-à-vis de la semicarbazide. J'ai montré [2] que le penténal $\alpha\beta$(II) donnait une semicarbazone bien cristallisée; le penténal $\beta\gamma$(I) réagirait vraisemblablement de la même manière, car l'aptitude réactionnelle de la double liaison doit diminuer avec son éloignement du groupement fonctionnel aldéhyde. Enfin, la méthylpropénylcétone (III) fournit suivant les conditions expérimentales une semicarbazone ou une semicarbazo-semicarbazone [3]. Rien de semblable n'a été observé dans le cas présent. Il est donc logique d'admettre qu'il s'agit plutôt de vinyléthylcétone distillant mal à la pression atmosphérique : on verra d'ailleurs plus loin que j'ai pu en préparer un dérivé cristallisé à partir des fractions issues d'une rectification dans le vide.

Le fractionnement, dans le vide (65^{mm}) du produit de la déshydratation se montre encore moins efficace : l'analyse montre que les fractions sont souillées d'acroléine. J'ai cependant tenté sur celles-ci la transformation de la vinyléthylcétone en éthyl-3-pyrazoline [4] par action de l'hydrate

---

(1) M. Maire, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 3, 1908, p. 273.

(2) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1900.

(3) E.-E. Blaise, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 33, 1905, p. 48.

(4) M. Maire, *loc. cit.*

d'hydrazine; cette alcoylpyrazoline ne pouvait être souillée que par la pyrazoline elle-même provenant de l'action du réactif sur l'acroléine. La condensation présente bien les apparences normales, mais les bases formées se décomposent à la distillation avec élimination d'hydrazine. Cependant, dans une expérience effectuée en présence d'hydrazine en grand excès, j'ai isolé une quantité appréciable d'un composé cristallisé, rappelant l'aspect des écailles d'ablettes, très volatil (F. 80°-81°), et dont la composition centésimale correspond à celle d'une *dihydrazocétazine de la vinyléthylcétone*, $C^{10}H^{24}N^{6}$, c'est-à-dire à la cétazine normale ayant fixé une molécule d'hydrazine sur chaque double liaison; ceci n'a rien de surprenant, ces doubles liaisons se trouvant en $\alpha\beta$ par rapport aux carbonyles électronégatifs.

Cette étude montre donc nettement qu'il ne faut pas compter sur la déshydratation catalytique des alcoylglycérines pour obtenir les homologues supérieurs de l'acroléine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Doubles décompositions, en milieu aqueux, entre des acétylures métalliques et des sels.* Note (¹) de M. **J.-F. Durand**, présentée par M. Paul Sabatier.

1. Le *carbure de calcium* réagit sur les solutions aqueuses d'un grand nombre de sels métalliques, en donnant les acétylures correspondants et un sel soluble de calcium.

A cette réaction se superpose naturellement l'action de l'eau sur le carbure de calcium : il se dégage de l'acétylène et la chaux formée réagit sur le sel métallique dissous pour donner un précipité d'hydroxyde.

a. Une solution aqueuse de *chlorure cuivrique*, traitée par le carbure de calcium, donne un précipité dont la composition répond à un mélange des corps soulignés dans les équations suivantes :

$$C^2Ca + CuCl^2 \rightarrow \mathbf{C^2Cu} + CaCl^2;$$
$$C^2Ca + 2H^2O \rightarrow \mathbf{Ca(OH)^2} + C^2H^2;$$
$$Ca(OH)^2 + CuCl^2 \rightarrow \mathbf{Cu(OH)^2} + CaCl^2.$$

Ce précipité, agité avec de l'acide acétique dilué qui dissout les deux hydroxydes, laisse un résidu foncé constitué par de l'*acétylure cuivrique* à peu près pur, C^2Cu, corps déjà connu.

(¹) Séance du 8 octobre 1923.

b. Une solution aqueuse de *chlorure mercurique* permet d'obtenir, dans les mêmes conditions, l'*acétylure mercurique*, C^2Hg, corps déjà connu.

c. Une solution aqueuse de *nitrate d'argent* donne par le même procédé un précipité explosif. Mais on ne peut rien conclure de cette expérience, car l'acétylène libre précipite déjà, comme on sait, le nitrate d'argent sous forme d'une combinaison explosive : $C^2Ag^2, AgNO^3$.

d. Une solution aqueuse d'*acétate neutre de plomb*, traitée par le carbure de calcium, donne un précipité blanc grisâtre qui, même après un mois de séjour dans l'eau ou à l'air libre, donne, par l'action de l'acide chlorhydrique, un dégagement d'acétylène pur (¹).

Il s'est donc formé un acétylure de plomb — inaltérable, à froid, à l'air et dans l'eau — suivant l'une des deux équations :

$$C^2Ca + Pb(C^2H^3O^2)^2 \rightarrow C^2Pb'' + Ca(C^2H^3O^2)^2;$$
$$2C^2Ca + 2Pb(C^2H^3O^2)^2 \rightarrow (C^2)^2Pb^{IV} + Pb + 2Ca(C^2H^3O^2)^2.$$

La seconde équation serait plus conforme au rôle habituel du plomb, constamment quadrivalent dans ses dérivés organométalliques. Toutefois, comme le précipité, broyé longuement avec du mercure, ne lui cède pas de plomb, et qu'il est insoluble dans tous les solvants organiques, on doit conclure que la réaction se produit suivant la première équation.

Cet acétylure de plomb est le premier corps connu où le plomb, *lié directement au carbone*, reste bivalent.

D'après le volume d'acétylène dégagé, on conclut que le précipité, dans les cas les plus favorables, contient un quart environ de sa masse en C^2Pb.

e. Des solutions aqueuses de *chlorures ferreux*, *nickeleux*, *cobalteux* et *manganeux* donnent, dans les mêmes conditions, des précipités contenant les acétylures correspondants, qui sont stables, à la température ordinaire, en présence de l'air et de l'eau et dégagent de l'acétylène sous l'action de l'acide chlorhydrique : ils n'avaient jamais été obtenus.

2. L'*acétylure mercurique*, C^2Hg, donne rapidement, à froid, avec une solution aqueuse de nitrate d'argent, de l'*acétylure d'argent;* il ne réagit pas sur une solution de chlorure ou de nitrate cuivrique. Au contact d'une solution de nitrate mercureux, préparée avec les précautions nécessaires, il donne immédiatement un précipité gris d'*acétylure mercureux*.

3. L'*acétylure cuivreux*, C^2Cu^2, réagit instantanément sur une solution

(¹) Le gaz dégagé contient seulement un peu de CO^2, provenant de la carbonatation à l'air de la chaux éteinte.

aqueuse de nitrate d'argent, en formant un précipité explosif, mélange d'argent et d'acétylure d'argent, tandis que du nitrate cuivrique passe en solution. On a les réactions :

$$C^2Cu^2 + 2AgNO^3 \rightarrow C^2Ag^2 + Cu^2(NO^3)^2;$$
$$Cu^2(NO^3)^2 \rightarrow Cu + Cu(NO^3)^2;$$
$$Cu + 2AgNO^3 \rightarrow 2Ag + Cu(NO^3)^2;$$

Au total :

$$C^2Cu^2 + 4AgNO^3 \rightarrow C^2Ag^2 + 2Ag + 2Cu(NO^3)^2.$$

Avec une solution de nitrate mercureux, il donne immédiatement un précipité d'*acétylure mercureux* et de mercure libre :

$$C^2Cu^2 + 4Hg(NO^3) \rightarrow C^2Hg^2 + 2Hg + 2Cu(NO^3)^2.$$

4. L'*acétylure cuivrique*, C^2Cu, donne, avec le nitrate d'argent, de l'*acétylure d'argent*; avec le nitrate mercureux, de l'*acétylure mercureux*.

5. L'*acétylure d'argent*, C^2Ag^2, ne réagit pas sur les solutions aqueuses des nitrates cuivrique, mercureux et mercurique.

Les réactions décrites ci-dessus peuvent être résumées par le schéma suivant, dans lequel ont été soulignées les formules des acétylures nouveaux :

$C^2Ca \rightarrow C^2Ni$, C^2Co, C^2Mn

$C^2Fe \leftarrow C^2Ca \rightarrow C^2Pb$

$C^2Ca \rightarrow C^2Cu$, C^2Hg

$C^2Cu \rightarrow C^2Hg^2 \leftarrow C^2Hg$

$C^2Cu^2 \rightarrow C^2Hg^2$

$C^2Cu^2 \rightarrow C^2Ag^2$

$C^2Cu \rightarrow C^2Ag^2 \leftarrow C^2Hg$

On observera sur ce schéma que, lorsqu'on a transformé l'un des acétylures explosifs en un autre acétylure, on ne peut plus le reproduire par l'action de solutions salines.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une cause d'erreur dans le procédé de Jodlbauer pour le dosage de l'azote total.* Note de M. **Jean Bordas**, transmise par M. L. Maquenne.

Le procédé Kjeldahl, modifié par Jodlbauer [1], peut servir à doser l'azote total dans les engrais, y compris l'azote nitrique. Son principe est le suivant : transformation du nitrate en nitrophénol par l'acide phénol-sulfonique, puis réduction du nitrophénol en aminophénol au moyen de la poudre de zinc. On attaque alors par l'acide sulfurique concentré à l'ébullition selon Kjeldahl.

Divers auteurs ont reconnu que, dans des cas mal spécifiés, les résultats obtenus par cette méthode sont notablement trop faibles. C'est ainsi que sur un engrais composé renfermant à la fois un nitrate et du cuir nous avons trouvé les chiffres d'azote suivants :

		Pour 100.
Azote total (Jodlbauer)		7,79
Azote organique et ammoniacal	4,01	8,29
Azote nitrique (Schlœsing)	4,28	
Azote total (méthode Desvarda et Kjeldahl sur le résidu)		8,30

Et sur des produits de composition connue, cuir et nitrate de potasse pur :

		Pour 100.
Cuir seul (Jodlbauer, moyenne de trois dosages)		7,54
NO^3K pur (Desvarda et Jodlbauer, en moyenne)		13,78
1g cuir + 0g,5 NO^3K (Jodlbauer, deux essais, moyenne)		9,30
Même mélange — Azote organique, après expulsion du nitrate	5,04	9,64
Même mélange — Azote nitrique	4,60	

Ces essais confirment que la méthode Jodlbauer se trouve en défaut et donne un chiffre trop faible dans le cas d'un engrais contenant à la fois du cuir et un nitrate.

Nous avons alors mélangé successivement au nitrate (NO^3K pur) les éléments qui constituent le cuir : la peau et le tannin. Nous sommes ainsi arrivé aux résultats suivants :

---

[1] *Chem. Centralbl.*, 1886, p. 433.

	Azote total pour 100.
Poudre de peau sur 0g,5 (Kjeldahl)	16,26
Tannin sur 1g (Kjeldahl)	0,00
0g,5 peau + 0g,5 nitrate (Jodlbauer)	15,08
Calculé	15,02
1g tannin + 0g,5 nitrate (Jodlbauer, deux essais)	12,80
Calculé	13,78

C'est donc le tannin et non la substance dermique qui fausse le dosage.

En mélangeant le nitrate de potasse pur avec différents polyphénols et en appliquant le procédé de Jodlbauer on observe les faits suivants :

1° Avec des polyphénols à propriétés réductrices, il y a une perte d'azote très sensible. Au lieu de trouver la teneur de 13,78 pour 100 qui correspond au nitrate, nous sommes arrivé aux chiffres suivants pour 1g de matière.

12,00 et 12,07 avec le pyrogallol,
12,20 avec l'hydroquinone,
11,50 avec la pyrocatéchine.

2° Avec la résorcine, diphénol non réducteur, on trouve 13,80, nombre pratiquement exact.

Par conséquent, quand on applique le procédé de Jodlbauer au dosage de l'azote total dans un engrais complexe à base de cuir et de nitrate, la fonction phénol du tannin (pyrogallol ou pyrocatéchine) agit sur le nitrate par réduction et provoque une perte d'azote; d'ailleurs nous avons pu observer la formation de vapeurs rutilantes quand on mélange l'engrais nitraté contenant du cuir ou du tannin avec l'acide phénol-sulfonique, avant même d'ajouter l'acide sulfurique concentré.

Avec le cuir chromé les résultats fournis par la méthode Jodlbauer sont sensiblement exacts.

Conclusion. — Avant d'employer le procédé de Jodlbauer pour le dosage de l'azote total dans un engrais complexe il sera nécessaire, au préalable, de s'assurer que celui-ci ne renferme pas des matières tanniques.

Dans ce cas, il conviendrait d'utiliser pour le dosage de l'azote total, soit la méthode de Dumas, soit celle de Salle ou encore celle de Desvarda (procédé par réduction en milieu alcalin), suivie d'une attaque au Kjeldahl pour doser l'azote restant dans le résidu de la distillation.

La cause d'erreur signalée doit être prise en considération pour l'analyse des végétaux contenant à la fois du tannin et des nitrates (Borraginées par exemple).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les plans de Grandjean.* Note de M. **P. Gaubert.**

M. F. Grandjean a découvert un phénomène très intéressant que montrent certains cristaux liquides optiquement négatifs, obtenus dans une fente de clivage de mica ou de tout autre minéral. L'axe optique du liquide biréfringent est alors perpendiculaire à la lame de clivage. Dans les parties les plus étroites de la fente, on voit des bandes parallèles, dues à l'existence de gradins, dont les bords rappellent les courbes de niveau par leur régularité. M. Grandjean explique ce fait en admettant l'existence de plans équidistants dans le liquide biréfringent et parallèles à la lame de clivage. La distance de ces plans serait très faible : 188 millimicrons au moment où le cyanbenzalaminocinnamate d'amyle se solidifie et 218 quand il devient isotrope.

Le même phénomène se produit avec tous les procédés permettant d'obtenir une couche liquide dont la section forme un angle excessivement aigu.

Ayant repris l'étude de ce phénomène à l'occasion d'un travail sur les cristaux mixtes liquides, j'ai fait diverses observations parmi lesquelles il y a à signaler les suivantes.

1° Un mélange de cyanbenzalaminocinnamate d'amyle et de *p*-anisalamidoazotoluol donne une phase liquide optiquement négative, montrant de larges bandes. Si le second corps existe en assez grande quantité, il n'y a pas de couleurs réfléchies et les bandes ne sont visibles qu'entre les nicols croisés. Fréquemment les gradins sont couverts d'une couche très mince de matière plus brune que le mélange et provenant peut-être de l'altération de ce dernier sous l'influence de la chaleur. Ce qui est remarquable c'est que cette matière est régulièrement répartie sur la largeur des gradins. Elle est plus abondante près du gradin le plus élevé que près de celui qui est au-dessous. Par conséquent, cette matière met en évidence l'existence des gradins qui sont ainsi visibles à l'aide d'une loupe, sans qu'il y ait des teintes réfléchies.

2° Du cyanbenzalaminocinnamate d'amyle, pur ou mélangé à une matière étrangère convenable pour augmenter la largeur des bandes et la surfusion, est fondu dans une lame de clivage de mica. Dans la préparation, il peut exister, par suite de l'imperfection des deux plans de clivage, de petites masses de forme lenticulaire. La phase liquide optiquement négative étant produite, on voit au sommet de la lentille une plage homogène plus ou moins circulaire entourée d'anneaux concentriques, correspondant aux

gradins, les plus éloignés étant formés là où le liquide a par conséquent l'épaisseur la plus faible. Dans une expérience, à la température ordinaire, il y avait huit anneaux ou bandes entourant une plage de un demi-millimètre de diamètre. La lame est chauffée plus ou moins rapidement avec un petit bec de gaz placé au-dessus du polariseur. La plage centrale se rétrécit graduellement, finit par disparaître, puis est remplacée par l'anneau voisin; cette nouvelle plage disparaît à son tour pour faire place à une autre formée par conséquent par le second anneau. Il ne reste donc que six anneaux au moment où le liquide devient isotrope. Par refroidissement le phénomène inverse se produit, la première plage centrale et les huit anneaux qui l'entouraient au début réapparaissent. L'expérience peut être répétée un grand nombre de fois et, comme le chauffage et le refroidissement peuvent être réglés, le déplacement rapide des anneaux offre un phénomène très curieux à observer.

Dans une autre expérience, il y avait quatre anneaux entourant une plage centrale placée au sommet de la masse lenticulaire, à la température ordinaire. Le chauffage en fait disparaître un avant d'arriver à obtenir la phase isotrope.

3° Du cyanbenzalaminocinnamate d'amyle et du propionate de cholestérine purs sont fondus côte à côte dans une fente de clivage de mica, les deux liquides arrivant au fond de la fente sans se mélanger et leur plan de séparation étant à peu près perpendiculaire au fond de la fente. Le cyanbenzalaminocinnamate offre de belles bandes, alors que le propionate n'en donne que mélangé à certaines matières étrangères (G. Friedel).

Les bandes du cyanbenzalaminocinnamate, d'abord parallèles au fond de la fente, se recourbent au voisinage du propionate et deviennent parallèles à la ligne de séparation des deux liquides. Leur épaisseur augmente donc à mesure qu'elles s'éloignent du fond de la fente. J'ai constaté que dans un cas la bande extérieure avait acquis une épaisseur 11 fois plus grande.

C'est ce qui se produit au début, mais si l'on chauffe longtemps, les deux liquides se mélangent plus ou moins dans le voisinage du plan de séparation primitif et alors le propionate donne aussi des bandes.

Au lieu de propionate on peut prendre toute autre substance donnant des cristaux liquides, soit positifs, soit négatifs. Les résultats sont à peu près les mêmes.

Des observations précédentes on peut conclure que :

1° Les molécules n'ont pas la même orientation sur toute la largeur des bandes, puisque la matière étrangère, d'abord dissoute dans le liquide iso-

trope, se sépare en quantité inégale sur cette largeur. Cette hypothèse est appuyée par le fait que la couleur réfléchie varie aussi suivant la même direction.

2° Le nombre des bandes ou gradins pour une couche d'épaisseur déterminée n'est pas fixe, il diminue avec la température.

3° L'épaisseur du liquide correspondant à la même bande peut être variable.

L'existence de plans équidistants rend bien compte, d'après M. Grandjean, de la production des teintes réfléchies [1], mais elle n'explique pas les deux derniers faits qui semblent indiquer que le phénomène est plutôt dû à une cause superficielle qu'à la structure du liquide biréfringent. Il s'agit peut-être d'un effet dû à la contraction du liquide isotrope passant à la phase biréfringente, fait qui serait mis en évidence par les propriétés singulières des cristaux liquides biréfringents optiquement négatifs (orientation des molécules perpendiculairement à la couche liquide, teintes réfléchies, pouvoir rotatoire), permettant de voir les gradins dus à la contraction.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une forme de volcanisme latent en relation avec les tremblements de terre et les raz de marée. Reproduction expérimentale d'un raz de marée.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Pierre Termier.

On désigne en général sous le nom de volcanisme l'action souterraine de gaz et vapeurs dont la pression est capable de remonter jusqu'à la surface de la Terre des matières en fusion : en raison de l'altitude de certains cratères, on ne peut expliquer l'arrivée des laves que si elles sont à l'état d'émulsion dans la cheminée volcanique. Une forme atténuée de volcanisme se constate dans les salses, volcans de boue et geysers. Il semble que la notion de volcanisme doive être étendue même aux cas où la pression interne des gaz et vapeurs est incapable d'amener à la surface un fluide interne quelconque et où la température est inférieure à celle de la fusion des roches.

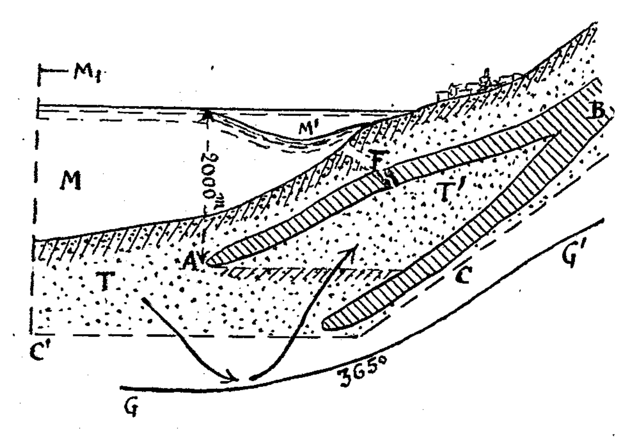
Sans s'arrêter au cas de l'épanchement interne des laccolithes, on peut chercher les effets à la surface d'un volcanisme interne sans bouches exté-

---

(1) F. Grandjean, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 71. — Voir aussi G. Friedel, *Ann. de Physique*, 9e série, t. 18, 1922, p. 273-474.

rieures : tel semble être le cas du cataclysme du Japon où le tremblement de terre a été accompagné de raz de marée.

Ces phénomènes ne se produisent que près des côtes instables par la raideur de leurs versants ou des fosses marines voisines. Les tremblements de terre ondulatoires ou non ne produisent que des différences de niveau instantanées de quelques décimètres : si une côte sous-marine ne subissait qu'une oscillation de cette amptitude, elle ne pourrait produire sur la mer une vague de 20^m à 50^m de hauteur, comme on en constate dans les raz de marée. En outre on ne comprendrait pas que le raz de marée débute toujours par un retrait de la mer, étant en général précédé par un faible tremblement de terre et suivi par une ou plusieurs fortes secousses. La faible profondeur (10^{km} à 15^{km}) mesurée pour les hypocentres semble bien indiquer que la température interne ne dépasse pas 300° à 450° dans les couches d'où partent les secousses. Il ne s'agit donc pas d'un volcanisme igné, mais d'un *volcanisme hydrique* et l'on peut remarquer que la température critique de l'eau (où l'eau est en vapeur quelle que soit la pression) est de 365°, c'est-à-dire de l'ordre de celle qui existe à la profondeur des hypocentres. Enfin le bruit souterrain qui précède une secousse sismique ne dure que quelques secondes, ce qui confirme la faible distance (de l'ordre de 10^{km}) de l'origine du séisme qui se propage à la surface avec une vitesse de $3^{km},8$. On sait d'ailleurs que les surfaces isogéothermiques sont dans la croûte, près de la surface, parallèles au profil géographique.



La figure représente en coupe une côte escarpée où des couches AB, CB de roches éruptives imperméables à l'eau sous pression séparent des couches perméables TT'. Soit GG' la couche isothermique de 365°. Si un léger mouvement du sol facilite la descente dans la couche CC' de l'eau marine, celle-ci

entrera en vapeur avec une densité maxima de 0,33 sous la pression 194^{atm} (pression critique). Cette vapeur montera réchauffer les couches T' et en vaporiser l'eau d'imprégnation. Si les couches imperméables AB, CB ne sont pas concourantes, la vapeur montant vers le continent le long de AB y déterminera des phénomènes de volcanisme externe, ainsi que je l'ai indiqué dans mes Notes antérieures (1).

Si au contraire les couches AB, CB sont concourantes, et ferment toute issue vers B à la vapeur, l'espace ABC se remplit jusqu'en AC de vapeur sous pression. La couche AB tend à se soulever et à se fissurer : car si la fissure se produit en F à 1000^m de profondeur, la différence des pressions interne et externe peut atteindre 100^{atm}. Plusieurs cas peuvent se produire :

1° La fissure F s'ouvre progressivement, produisant un faible tremblement de terre; l'eau marine condense lentement la vapeur qui passe en F ou qui se trouve dans la couche T'.

2° La fissure F s'ouvre brusquement avec explosion vers l'extérieur, produisant un soulèvement de la côte et de la mer; mais par un mouvement inverse de descente, la fissure F peut être bouchée presque entièrement, ce qui empêchera l'eau de condenser le reste de vapeur située en T'.

3° Mais le plus souvent la fissure F de grande dimension livrera passage à une masse d'eau froide qui, venant condenser subitement le volume T' de vapeur, produira un coup de bélier en B, d'où un violent tremblement de terre sous la côte. En même temps l'eau aspirée rapidement au fond de la mer en M' détermine un brusque retrait de la mer suivi d'un raz de marée et des vagues consécutives.

Ainsi le raz de marée précédé par une secousse assez faible sera suivi d'un violent tremblement de terre sans que rien à la surface ne laisse soupçonner l'action souterraine de la vapeur, si bien qu'on pourra classer ce séisme parmi les tremblements de terre tectoniques, alors qu'il s'agit en réalité d'un effet de volcanisme hydrique latent qui peut d'ailleurs se répéter plusieurs fois.

Il était intéressant de pouvoir reproduire expérimentalement un raz de marée. Soit MCC' (trait discontinu) un bassin contenant de l'eau en M, du sable en TT' et une ardoise AB appuyée en B sur le fond. On chauffe la paroi CC' : la vapeur remplit la capacité T' chassant l'eau interposée dans le sable; on voit alors monter lentement le niveau de l'eau en M_1. Mais quand la vapeur cherche à passer en A sous l'ardoise, elle rencontre une

(1) *Comptes rendus*, 25 avril et 7 août 1916.

masse d'eau froide qui la condense faisant baisser subitement le niveau dans le bassin d'expérience exactement comme le niveau de la mer commence par baisser dans le raz de marée. Au moyen d'un tube de caoutchouc relié à un tube en V, on peut d'ailleurs mesurer la pression d'abord croissante en T', puis s'annulant subitement avec un choc final correspondant au coup de bélier du tremblement de terre.

A condition de renouveler l'eau froide en M, l'expérience peut reproduire indéfiniment le raz de marée : dans la nature, si les raz de marée ne sont pas périodiques et plus fréquents, c'est que les fissures se bouchent par les tremblements de terre et que la perméabilité des couches sous-marines s'atténue.

SISMOLOGIE. — *Sur les tremblements de terre observés en France au cours de l'année* 1922. Note de M. **E. Rothé**, présentée par M. Bigourdan.

D'après les renseignements macrosismiques parvenus jusqu'ici au Bureau central sismologique français, 14 tremblements de terre à secousses multiples ont été ressentis en France en 1922; ce nombre dépasse notablement la moyenne généralement observée.

Région des Pyrénées. — C'est encore la région des Pyrénées qui offre le chiffre le plus élevé.

Le 21 janvier, à 1^h du matin [1], vallée de l'Agly, et en particulier Saint-Paul-de-Fenouillat;

Nuit du 9 au 10 août, de 22^h30^m à 23^h et ensuite de 0^h à 1^h dans le même bassin;

Le 10 septembre, faibles secousses successives au même endroit pouvant être considérées comme « prémonitoires » du phénomène suivant beaucoup plus important;

Le 23 septembre, à 1^h54^m, un séisme embrassant tout le Roussillon a atteint les degrés V-VI; une panique s'est produite à Saint-Paul-de-Fenouillat; à la même heure, on ressentait dans le Tarn et l'Hérault une secousse atteignant le degré IV dans la vallée de l'Agoût jusqu'à Castres. Ce séisme a donné lieu aux inscriptions suivantes dans les observatoires :

(1) Sauf indication spéciale, les heures indiquées sont les heures légales.

		Heure de Greenwich. h m s
Marseille	P	0.54.22
	S	0.54.52
	M	0.55
	F vers	1
Besançon	*e*	0.56.21
	F vers	1. 0
Puy-de-Dôme	*e*	0.54.40
Strasbourg	*e*	0.57.24
	*e*S?	0.57.48
	F	1. 1
Paris Parc-Saint-Maur	*e*	0.58
	F	1. 1

Le 1er août, à 3^h30^m, secousse de faible importance dans les Basses-Pyrénées, à Ogeu et à Oloron-Sainte-Marie;

Le 17 novembre, à 21^h10^m, secousse de degré III signalée dans la haute Ariège.

On peut donc distinguer au moins six secousses différentes de diverses importances dans la région pyrénéenne.

Région du Sud-Est. — Le 5 avril, à 17^h28^m, tout le Sud-Est a été intéressé par un séisme de degré III-IV à Nice et Grasse dans les Alpes-Maritimes, de degré IV à Callian et de degré III à Claviers et Lorgues dans le Var.

Comme en 1920, c'est la haute vallée de la Durance qui paraît limiter la zone nettement macrosismique, mais il s'agit cette fois d'nn séisme local, aucun renseignement positif n'étant parvenu de l'Office italien. Le séisme a été inscrit par le sismographe de Marseille :

P	$16^h28^m12^s$ (h. Greenw.)
S	$0^h28^m29^s$ »
F	$0^h29^m45^s$ »

La distance calculée par la différence S — P est de 100^{km} et correspond bien à la région niçoise; c'est à l'instabilité des Alpes-Maritimes qu'il y a lieu de rattacher cette secousse.

Les Basses-Alpes sont le siège de plusieurs tremblements (degré III au maximum :

Le 30 janvier, à 6^h25^m du matin, secousse à Digne;

Le 3 février, à 4^h40^m, nouvelle secousse à Digne et dans les localités voisines;

Le 12 septembre, très faible secousse à la Motte-du-Caire;

Le 27 octobre, la vallée de la Vésubie (Alpes-Maritimes) a été faiblement secouée à $15^h 48^m$ par un phénomène très local : des oscillations, accompagnées de bruit, ont été constatées principalement à La Bollène-Vésubie et à Roquebillière.

Région de l'Est. — Le 25 juillet 1922, une secousse de degré IV fut ressentie à Montluel, au nord-est de Lyon, vers $17^h 30^m$.

L'enquête faite au camp de la Valbonne a montré que le phénomène d'intensité maximum à Montluel, localité entourée de terrasses d'épaisseurs diverses et de cônes de transition, s'est propagé dans tout le terrain compris entre Montluel, Ballan, Saint-Maurice-de-Gourdans et la Valbonne.

Région du Centre. — Le tremblement de terre du 12 octobre 1922, dans le département de la Creuse, est un des plus importants de l'année (entre $22^h 30^m$ et $22^h 45^m$. Trois secousses de plusieurs secondes ont été ressenties dans tout l'arrondissement de Guéret, une partie des arrondissements de Boussac, de Bourganeuf, dans l'arrondissement de la Châtre et le canton de Saint-Sulpice-les-Feuilles (Haute-Vienne).

L'intensité de ce séisme a paru la plus violente à Dun-le-Palleteau (degré V); la surface pléistosiste de degré V englobe Dun, Chapelle-Baloue et Bussière-Dunoise, régions formées de roches cristallophylliennes, gneiss, micaschistes avec des failles dont l'une est parallèle à la vallée de la Creuse.

Il n'a été tenu compte ici que des phénomènes reconnus certains après enquête des préfectures et des correspondants [1]. Plusieurs prétendus séismes, confondus avec des explosions, des glissements dus aux eaux ou n'ayant pas une origine sismique, ont été éliminés de la liste précédente à la suite des enquêtes faites.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Joncacées. Développement de l'embryon chez le* Luzula Forsteri *DC.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

La cellule apicale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1, 2) se divise longitudinalement avant que la cellule basale ne se segmente transversalement.

---

(1) L'étude détaillée de tous ces phénomènes et les références des correspondants et des témoins paraîtra dans un autre Recueil.

Les deux éléments supérieurs juxtaposés de la tétrade (*fig.* 3) se séparent ensuite par des parois méridiennes pour donner naissance à quatre cellules-quadrants régulièrement disposées dans un plan horizontal. Peu après, la cellule intermédiaire, m (*fig.* 4), se cloisonne verticalement pour donner deux éléments juxtaposés; un peu plus tard, la cellule inférieure, ci, se divise, à son tour, transversalement, en deux cellules superposées, n et n' (*fig.* 5). La tétrade et le proembryon octocellulaire s'édifient donc, chez le *Luzula*, conformément aux règles générales qui président à la construction des mêmes formes proembryonnaires chez la plupart des Angiospermes. On doit cependant faire observer que les divisions de la cellule apicale précèdent toujours celles de la cellule basale. Le proembryon octocellulaire se partage en quatre étages : q, m, n et n'; q donne naissance aux deux parties, cotylée et hypocotylée; m engendre les initiales de l'écorce et celles de la coiffe; n donne la portion culminante de la coiffe et n' un court suspenseur.

Les quatre quadrants qui composent l'étage q prennent des cloisons nettement tangentielles (*fig.* 6, 7) qui séparent d'emblée les quatre premières cellules de dermatogène. Ce mode de segmentation des quadrants constitue la particularité la plus intéressante de l'histoire embryogénique du *Luzula*. Il n'a encore été observé en aucun cas une différenciation aussi précoce de l'épiderme. Ainsi, il ne se forme pas d'octants; néanmoins, après apparition des premières parois radiales dans les quatre cellules de dermatogène et des premières cloisons transversales dans les quatre cellules intérieures (*fig.* 8, 9, 10), l'étage q se montre divisé en deux nouveaux étages qui peuvent être désignés par les lettres l et l'. L'étage l engendre la partie supérieure du cotylédon; ses cellules sous-épidermiques se segmentent en tout premier lieu par des parois verticales parallèles aux premières parois méridiennes (*fig.* 10, 11); à ces parois succèdent bientôt des cloisons transverses dans les cellules circumaxiales, de sorte que, à droite ou à gauche de la coupe longitudinale, on distingue sous l'épiderme deux cellules de périblème et une cellule centrale qui contribue à la formation du méristème vasculaire du cotylédon. Quelquefois, la première cellule sous-épidermique se segmente d'abord horizontalement (*fig.* 13); il se forme ensuite des parois verticales dans la cellule inférieure ainsi engendrée, de manière à donner naissance, comme précédemment, à denx cellules de périblème et à une cellule de plérome cotylédonaires.

L'étage l' comprend à l'intérieur de l'épiderme quatre cellules circumaxiales qui se segmentent d'abord longitudinalement pour séparer les premiers éléments de périblème et de plérome (*fig.* 10). Aux parois longitudinales succèdent des cloisons transversales qui font apparaître dans cette région deux assises très nettes (*fig.* 11 à 14); l'assise supérieure donne naissance à la partie basale du cotylédon, l'assise inférieure engendre l'hypocotyle et le cône végétatif de la tige. Au moment où se produit la dépression latérale marquant la séparation du cotylédon et de l'hypocotyle, l'assise supérieure se compose de trois à cinq et l'assise inférieure de deux à trois nouvelles assises cellulaires. La différenciation simultanée du cotylédon et du cône végétatif de la tige

résulte nettement d'un arrêt dans les segmentations tangentielles de certaines cellules du périblème (*fig.* 19).

Les étages *m*, *n*, *n'*, au point de vue de leurs processus de segmentation et de leurs destinées, sont tout à fait comparables aux étages *o*, *h* et *s* qui ont été déjà distingués

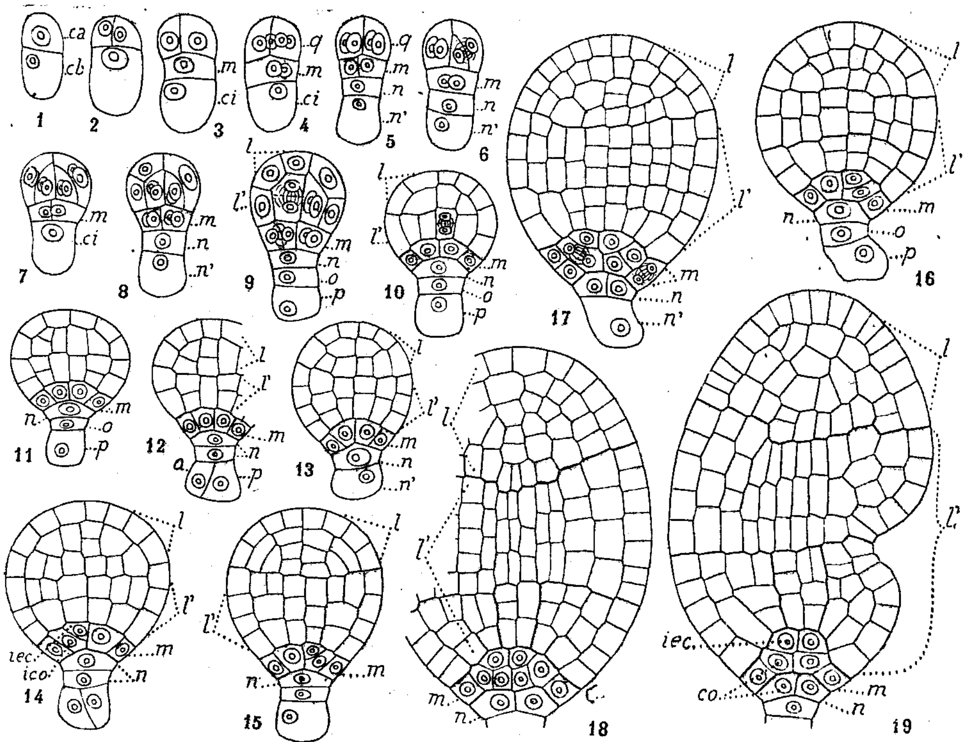


Fig. 1 à 19. — *Luzula Forsteri* DC. — Développement de l'embryon jusqu'au moment de la différenciation du cotylédon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire, et *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *l* et *l'*, les deux subdivisions de l'étage *q*; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *ico*, initiales de la coiffe; *co*, coiffe. G. : 390.

au sujet du *Sagittaria sagittæfolia* (¹). Si l'on désigne sous le nom d'*hypophyse* le massif cellulaire qui fournit les initiales de l'écorce et la coiffe, l'hypophyse tire son origine, chez le *Luzula*, des deux étages *m* et *n*. Le suspenseur se montre parfois uniquement constitué par la cellule *n'*; le plus souvent cette cellule se segmente transversalement (*fig.* 10), quelquefois longitudinalement ou obliquement (*fig.* 12).

L'embryon du *Luzula Forsteri* représente un type nouveau du développement qui peut être caractérisé : 1° par le mode de segmentation des quadrants et la différenciation extrêmement précoce de l'épiderme; 2° par

(¹) R. Souèges, *Embryogénie des Alismacées. Différenciation de l'extrémité radiculaire chez le* Sagittaria sagittæfolia *L.* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 49).

le retard des divisions dans la cellule basale; 3° par les destinées des différents étages du proembryon. On peut tout particulièrement signaler le rôle dévolu à l'étage *m* qui, chez le *Luzula*, engendre les initiales de l'écorce et celles de la coiffe, tandis que, chez les Liliacées (1), il donne l'hypocotyle et le cône végétatif de la tige.

Par les destinées de la cellule apicale du proembryon bicellulaire, aux dépens de laquelle se développe l'embryon proprement dit, le *Luzula* se rapproche des Dicotylédones des types *Myosurus* et *Veronica*.

Marcellin Laurent (2), qui a étudié en 1904 le développement de l'embryon chez les *Luzula*, n'a pas su observer la formation des quadrants ni leur mode de division; faute de préparations suffisamment démonstratives, il n'a pu établir par quels processus réguliers de segmentation s'édifient les différentes parties de l'embryon proprement dit.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des blessures des feuilles sur la production de substance sèche chez les plantes vertes.* Note de M. V. **Lubimenko**, présentée par M. M. Molliard.

De nombreuses recherches sur la photosynthèse ont montré que l'énergie assimilatrice varie, dans les mêmes conditions extérieures, suivant l'espèce de plantes. On attribue ordinairement cette variabilité spécifique à la différence quantitative de chlorophylle renfermée dans les feuilles des diverses espèces. Mais les résultats obtenus par mes expériences antérieures, confirmés récemment par M. R. Willstätter, ont mis en évidence que l'énergie assimilatrice n'est pas proportionnelle à la qnantité de chlorophylle et que, d'une façon générale, le pigment vert surabonde dans les feuilles de la plupart des plantes.

Dans les conditions naturelles l'énergie assimilatrice spécifique provoque la variabilité dans la croissance et la production de substance sèche, la variabilité bien connue grâce à la culture artificielle de diverses plantes et directement prouvée par les expériences de M. Weber.

Au point de vue théorique ce fait est très intéressant car, étant donnée la très faible pression du gaz carbonique dans l'air, on pourrait supposer

---

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez l'*Anthericum ramosum *L.* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 34).

(2) M. Laurent, *Recherches sur le développement des Joncées* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, t. 19, 1904, p. 97).

que l'énergie assimilatrice doit être limitée par la quantité de ce gaz et, par conséquent, sensiblement égale chez toutes les espèces. L'inténsité et la rapidité de la croissance et la production de substance sèche, si variables suivant les espèces, prouvent que ce n'est pas seulement la pression du gaz carbonique qui limite le travail photochlorophyllien, mais encore que d'autres facteurs interviennent et que ce sont précisément ces facteurs qui déterminent l'effet total de l'assimilation chlorophyllienne dans les conditions naturelles.

Pour mettre en évidence la nature de ces facteurs j'ai entrepris des expériences qui avaient comme but l'augmentation artificielle de l'énergie assimilatrice dans l'air ordinaire.

Dans ce but j'ai diminué la surface des feuilles de la plante, en les découpant, et j'ai déterminé à la fin de l'expérience la quantité de substance sèche produite par la plante ainsi opérée.

La première série d'expériences a été faite sur le *Raphanus sativus*. Les jeunes plantules obtenues des graines germées ont été sélectionnées de manière à avoir des plantes de même grandeur et de même rapidité de développement. 132 plantules ainsi sélectionnées ont été divisées en quatre lots, dont le premier servait de témoin. Chez les plantes du second lot toutes les feuilles ont été découpées de manière à diminuer de 25 pour 100 la surface totale du limbe. L'opération a été faite pour la première fois sur les cotylédons; ensuite, elle a été répétée sur toutes les feuilles après leur apparition et au moment où la grandeur du limbe de chaque nouvelle feuille était égale à peu près à un centimètre carré. La même opération a été faite sur les plantes du troisième et du quatrième lot avec cette différence que la surface du limbe de chaque feuille a été diminuée respectivement de 50 pour 100 et de 75 pour 100.

Au bout de trois semaines de culture ordinaire dans la terre, les plantes ont été enlevées du sol et soumises à une analyse détaillée. Cette analyse a montré que la croissance des feuilles chez les plantes opérées a été beaucoup plus rapide que chez les plantes témoins. La surface totale des feuilles chez une seule plante a augmenté à la fin de l'expérience dans la proportion suivante :

	Surface des cotylédons.	Surface totale des feuilles.	Augmentation.
	cm^2	cm^2	
Plantes témoins	1,6	92,6	58 fois.
Plantes opérées réduites de 25 p. 100	1,2	86,8	72 »
» » 50 »	0,8	62,5	78 »
» » 75 »	0,4	40,0	400 »

On constate en même temps que la production de substance sèche atteint son maximum chez les plantes opérées appartenant au second lot. Voici le poids sec moyen d'une seule plante ainsi que la production relative de substance sèche pour l'unité de la surface de feuilles :

	Poids sec d'une plante.		Production de la substance sèche pour l'unité de la surface, p. 100.
	Absolu.	En pour 100.	
Plantes témoins	0,5765	100	100
Plantes opérées réduites de 25 p. 100	0,5934	103	110
» » 50 »	0,3485	60	90
» » 75 »	0,1956	34	79

Des résultats sensiblement les mêmes ont été obtenus dans une autre série d'expériences faites par une de mes élèves, M[lle] Petelina, sur le *Lupinus luteus*. A partir du moment où les jeunes plantules commençaient à développer leurs premières feuilles, ces feuilles ont été traitées de la manière suivante : chez le premier lot de plantes une foliole a été coupée de chaque feuille, chez le second lot deux folioles, chez le troisième trois folioles et ainsi de suite; enfin, chez le dernier lot toutes les folioles ont été coupées. En répétant cette opération sur chaque feuille au moment de son apparition, l'on diminue la surface totale des feuilles de chaque plante très régulièrement. Il est intéressant de noter que toutes les plantes opérées ont donné des fleurs en même temps malgré la différence énorme dans l'accumulation de la substance sèche. C'est au moment de la pleine floraison que les plantes ont été enlevées du sol au nombre de 14 exemplaires pour chaque lot.

Voici le poids moyen sec d'une seule plante et la production de substance sèche pour l'unité de surface de feuilles :

	Plantes témoins.	Plantes opérées, privées de 1 foliole.	2 fol.	3 fol.	4 fol.	5 fol.	6 fol.	7 fol.	toutes folioles.
Poids sec absolu	42g,36	36g,76	38g,43	42g,32	27g,39	18g,48	13g,31	4g,65	0g,48
Production de substance sèche pour 1^{dm^2}	1,40	1,50	1,54	1,56	1,53	1,55	1,77	1,90	»
En pour 100	100	107	110	111	110	111	126	136	»

On voit par ces chiffres que la production de substance sèche pour l'unité de la surface de feuilles chez les plantes opérées est supérieure à celle des plantes normales. Ce fait nous montre qu'à l'état normal la plante n'utilise pas toute la force fonctionnelle de ses feuilles même dans l'air ordinaire

et leur travail synthétique est réglé et limité par des facteurs internes. Sous l'influence de la blessure faite à la plante l'énergie de la photosynthèse augmente et cette augmentation se manifeste dans la production de substance sèche. Donc il est très probable que l'énergie du travail photochlorophyllien dans les conditions naturelles est déterminée par la vitesse de la consommation des produits organiques accumulés dans le tissu de la feuille. La blessure augmente l'énergie de la respiration et de la consommation des substances hydrocarbonées, ce qui fait augmenter à son tour l'énergie de la photosynthèse. Par conséquent, l'énergie spécifique de l'assimilation chlorophyllienne chez les diverses espèces de plantes doit être attribuée à la vitesse de la transformation des substances hydrocarbonées et non à la puissance fonctionnelle de l'appareil chlorophyllien.

PHYSIOLOGIE. — *Différenciation de la vitamine* A *et du facteur antirachitique*. Note de MM. **E. Lesné** et **M. Vagliano**, présentée par M. Widal.

Jusqu'en 1920, on a confondu la vitamine de croissance liposoluble A avec la vitamine antirachitique [1]. Elles ont été différenciées tout d'abord par Pappenheimer, Hess et Mc Cann [2]. Ces expérimentateurs ont reproduit les mêmes lésions de rachitisme chez de jeunes rats soumis à un régime rachitigène, que ce régime renferme des vitamines A ou qu'il en soit privé.

Mc. Collum, Simmonds, Backer, Shipley [3] ont apporté une nouvelle preuve démontrant la non-identité de la vitamine A et du facteur antirachitique. L'huile de foie de morue chauffée à 100° en présence d'un excès d'oxygène, et ainsi privée de vitamine A, conserve son pouvoir antirachitique : ingérée par de jeunes rats soumis à un régime rachitigène, elle les préserve du rachitisme.

Dans un travail antérieur, Wollmann et l'un de nous [4] avaient signalé que la vitamine A agit également sur la croissance qu'elle soit injectée par voie parentérale ou qu'elle soit administrée *per os*.

---

(1) Rien ne permet d'affirmer qu'il s'agit d'une vitamine, aussi faut-il mieux dire *facteur antirachitique*.

(2) *Proc. Soc. exp. Biol. and med.*, t. 18, 1920, p. 266.

(3) Johns, *Hop. Hosp. Bull.*, t. 32, 1922, p. 229.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 1923, p. 336.

Nous avons voulu rechercher si le facteur antirachitique est aussi actif quelle que soit la voie choisie pour l'introduire dans l'organisme. De jeunes rats ont été soumis au régime rachitigène 84 de Pappenheimer [1]; 15 jours après le début du régime ils ont reçu sous la peau à 5 jours d'intervalle trois injections de $0^{cm^3},50$ d'huile de foie de morue. Ces injections ont été bien tolérées. Les animaux ont été sacrifiés 35 jours après le début de l'expérience; leur croissance avait été normale et leur poids était passé de 30^g à 60^g et 65^g, mais tous présentaient des lésions rachitiques très marquées.

D'autres jeunes rats ont reçu sous la peau les mêmes doses d'huile de foie de morue dès le début de l'expérience, c'est-à-dire dès qu'ils étaient mis au régime rachitigène. Dans ces conditions l'huile de foie de morue n'a eu aucune influence préventive et n'a pas empêché l'apparition du rachitisme.

De ces expériences, nous pouvons donc déduire les conclusions suivantes :

Alors que l'huile de foie de morue administrée par ingestion, même à très faibles doses, exerce un rôle préventif et curatif des plus nets sur le rachitisme expérimental du rat blanc, ce médicament est inactif lorsqu'il est injecté sous la peau : dans ce cas, il ne prévient ni ne guérit le rachitisme.

Le facteur antirachitique de l'huile de foie de morue est distinct et différent de la vitamine liposoluble A. L'introduction de l'huile de foie de morue par la voie parentérale permet cette différenciation : injectée sous la peau de jeunes rats, soumis à un régime rachitigène privé de vitamine liposoluble, elle permet une croissance normale, mais est ainsi dénuée de toute action sur le rachitisme.

Le facteur antirachitique agit exclusivement par ingestion, alors que la vitamine de croissance est aussi active quelle que soit la voie d'introduction dans l'organisme.

---

(1) Régime 84 ne renfermant pas de vitamine liposoluble A.

Farine de blé	95	pour 100.
Lactate de Ca	2,9	»
Na Cl	2	»
Citrate de fer	0,1	»

ENTOMOLOGIE. — *Sur une muscardine à* Beauveria Bassiana (*Bals.*) *Vuil. produite expérimentalement sur des abeilles.* Note de M. **F. Vincens**, présentée par M. L. Mangin.

J'ai fait récemment connaître [1] les résultats positifs obtenus par inoculation d'un *Aspergillus* à des abeilles adultes, par les voies digestives, et je signalais, à ce propos, la ressemblance existant entre l'aspect des larves et nymphes « pétrifiées » par cet *Aspergillus* et celui des larves d'autres insectes tués par la maladie connue sous le nom de muscardine. Cette similitude m'a amené à rechercher quelle serait l'action, sur des abeilles, du parasite qui produit la muscardine la mieux connue, celle du ver à soie.

Usant du même procédé que celui qui m'avait réussi avec l'*Aspergillus*, j'ai essayé la contamination d'abeilles adultes par le *Beauveria Bassiana* Bals. (Vuil.) (= *Botrytis Bassiana*). Il eût été extrêmement intéressant de faire des essais analogues sur des larves, mais, étant donné la saison où j'opérais, il ne m'a pas été possible d'obtenir du couvain dans des conditions favorables à mes expériences. Les spores du champignon ont été récoltées à la surface d'une culture sur pomme de terre, provenant d'un semis fait en juillet et très sporifère. Ces spores ont été mises en suspension dans du miel épais, donné aux abeilles à l'aide d'un abreuvoir siphoïde dont le bassin était garni d'étoupes à travers lesquelles les abeilles étaient obligées de sucer leur nourriture, ce qui réduisait au minimum les possibilités de contamination par l'extérieur. Cette méthode a été adoptée parce que mon but n'était point seulement de vérifier la possibilité du parasitisme de *Beauveria* sur les abeilles, mais aussi de voir si, comme pour l'*Aspergillus*, la contamination pourrait se produire par la seule ingestion des spores avec les aliments.

L'abeille se prête mieux que tout autre insecte à la recherche de la voie de pénétration des parasites, parce qu'elle peut être nourrie de telle sorte que sa trompe seule se trouve en contact avec les aliments. Dans les expériences faites avec des larves broyeuses, telles que larves d'altises, vers à soie, chenilles diverses, larves d'insectes xylophages, etc., qui ont servi à la plupart des essais antérieurs, on ne peut éviter que toutes les parties du corps soient plus ou moins passagèrement exposées à être souillées par les

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 540.

aliments contaminés et que l'on puisse ainsi soupçonner l'infection de s'être produite à travers les téguments chitineux.

Quelle que soit la température à laquelle ont été maintenues les ruchettes dans lesquelles étaient élevées les abeilles en expériences (20°, 30° et 35°), des décès ont commencé à se produire au bout du troisième jour et se sont succédé ensuite jusqu'à la fin du sixième jour, après lequel aucune abeille nourrie au miel contaminé n'était vivante, alors qu'un petit nombre seulement de décès s'étaient montrés parmi les témoins. Il n'est donc pas douteux que le *Beauveria Bassiana* peut se comporter comme un redoutable parasite pour les abeilles.

La dissection d'abeilles mourantes a constamment montré la présence d'arbuscules mycéliens réduits et souvent sporifères dans la cavité générale de ces insectes et contre la tunique de tissu graisseux qui double intérieurement les téguments. Du mycélium se rencontre toujours également dans le tube digestif où il tapisse parfois abondamment l'œsophage, le jabot, l'intestin grêle, le rectum et, plus rarement, l'estomac lui-même. Des masses mycéliennes peuvent même obstruer l'intestin grêle de la même manière que cela a été signalé à propos des contaminations par l'*Aspergillus*.

La répartition du parasite à l'intérieur des abeilles malades rappelle étrangement celle que j'ai signalée en 1912 dans des vers à soie contaminés à l'aide de divers entomophytes, parmi lesquels figurait le *Beauveria globulifera* (Speg.) Vuil. qui est très voisin du *B. Bassiana* et que je désignais provisoirement sous le nom de *Spicaria sp.* [1]. Le rapprochement est encore plus frappant en ce qui concerne l'aspect et la constitution des arbuscules mycéliens flottant dans la cavité générale ou appliqués contre la tunique graisseuse. Les figures que je donnais [2] des arbuscules produits par *B. globulifera* à l'intérieur du ver à soie représentent, tout aussi bien, ceux que l'on rencontre à l'intérieur des abeilles contaminées par le *B. Bassiana*.

Des formations semblables avaient d'ailleurs déjà été signalées en 1837, par Audouin [3], dans ses recherches anatomiques et physiologiques sur la muscardine du ver à soie. Audouin avait, il est vrai, obtenu ses contaminations en injectant des spores par des plaies des téguments chitineux préalablement perforés, mais la contamination d'insectes par ingestion des spores d'un champignon entomophyte, autre que des entomophtorées, a déjà été

---

(1) *Soc. Hist. nat. de Toulouse*, t. 45, p. 142 et suiv.

(2) *Loc. cit.*, fig. 8 à 10, pl. I.

(3) *Ann. des Sc. nat.*, 2e série, t. 8.

obtenue de façon certaine par Vaney et Conte [1] qui avaient constaté une mortalité de 100 pour 100 produite en quelques jours sur des larves d'Altises nourries avec des feuilles de vignes saupoudrées de spores de *Botrytis* (*Beauveria*) *Bassiana*.

Malgré l'expérience de Vaney et Conte, l'opinion qui n'a cessé de prévaloir est que la contamination se produit à travers les téguments chitineux et non par la voie digestive, et c'est certainement à ce fait que l'on doit la plupart des échecs qui ont marqué les essais faits pour détruire les insectes nuisibles par des épidémies provoquées à l'aide des champignons entomophytes.

La mycose que j'ai artificiellement reproduite sur des abeilles, à l'aide du *Beauveria* du ver à soie, reproduit de manière remarquable les caractères extérieurs des mycoses naturelles observées sur d'autres hyménoptères.

Quelques jours après la mort de l'insecte, un mycélium blanc apparaît en arrière de chaque segment abdominal, qu'il borde postérieurement d'une frange blanche, continue. La segmentation se trouve ainsi curieusement mise en évidence par une succession régulière de bandes transversales blanches et brunes. Peu à peu, ces franges se rejoignent en même temps qu'elles s'épaississent et qu'un gazon fructifère blanc, de plus en plus dense, se forme à la surface de tout le corps que ne tarde pas à recouvrir un épais manteau blanc, à surface pulvérulente. Le cadavre de l'insecte présente alors exactement l'aspect caractéristique de la muscardine.

Le *Beauveria Bassiana* n'a jamais été signalé comme parasite des abeilles, mais, étant donnée la facilité avec laquelle ces insectes ont été contaminés dans mes expériences, il ne serait point étonnant que des cas de mycose attribués à d'autres entomophytes supposés lui soient dus ou soient dus au *B. Globulifera* plus répandu que lui et tout aussi éclectique dans le choix de ses hôtes.

Quoi qu'il en soit, il faut certainement tenir compte de la facilité avec laquelle les abeilles sont infectées par des champignons entomophytes ingérés avec les aliments, lorsque l'on songe à employer ces champignons dans la lutte contre les insectes nuisibles aux cultures. L'épandage de leurs spores sur les plantes à préserver, à l'aide de liquides sucrés destinés à en assurer l'adhérence, serait complètement à proscrire dans des régions apicoles. Des poudres renfermant ces spores et capables de souiller les fleurs fréquentées par les abeilles seraient tout aussi dangereuses pour l'apiculture.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 160.

ENTOMOLOGIE. — *Sur un agent bactérien pathogène pour les mouches communes :* Bacterium delendæ-muscæ *n. sp.* Note de MM. **E. Roubaud** et **J. Descazeaux**, présentée par M. F. Mesnil.

On ne connaissait jusqu'ici qu'un seul type de micro-organismes susceptibles d'exercer sur les mouches une action pathogène manifeste et de les détruire : ce sont les champignons entomophytes du genre *Empusa*, dont certaines espèces contribuent dans la nature à restreindre plus ou moins la pullulation de la mouche domestique et des formes voisines. Les essais culturaux tentés par différents auteurs, en particulier par Hesse, n'ont pas permis d'utiliser ces parasites mycéliens dans la pratique.

Les mouches semblaient jusqu'alors parfaitement résistantes aux actions bactériennes. Les recherches récentes de Wollman montrent qu'elles sont capables de digérer à l'état larvaire les germes les plus pathogènes pour les Vertébrés ([1]), ou qu'elles expulsent au cours de la nymphose les éléments bactériens dont on a tenté de les infecter ([2]). Après plusieurs années de recherches, nous avons cependant réussi à isoler le premier germe pouvant être considéré comme apte à déterminer chez les mouches une infection bactérienne spécifique. Il s'agit d'un coccobacille que nous dénommerons *Bacterium delendæ-muscæ* pour le différencier des autres coccobacilles d'insectes jusqu'alors signalés.

Morphologie. — Coccobacille de 1 à 2^{μ} sur $0^{\mu},8$ environ, mobile, non colorable par la méthode de Gram. Eléments souvent disposés par deux bout à bout, nettement ovoïdes.

Cultures. — Faciles à la température ordinaire, optimum vers 20°-22° C., nulles à 37° C.

Bouillon ordinaire : trouble après 24 heures, puis dépôt très abondant; pas de voile, parfois une légère collerette.

Gélose ordinaire : colonies blanches, grasses, arrondies, de la grosseur d'une tête d'épingle.

Sérum coagulé : colonies blanches peu abondantes.

Gélatine : cultive en aéro-anaérobie, pas de liquéfaction.

Pomme de terre, carotte : colonies blanc jaunâtre, confluentes, envahissantes.

Pomme de terre glycérinée : culture peu abondante au début, mais devenant envahissante, formant enduit visqueux.

Lait : non coagulé.

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 36, novembre 1922, p. 790.

([2]) *Ibid.*, t. 35, juillet 1921, p. 431.

Sucres : fait fermenter les deux sucres expérimentés : glucose, lactose, surtout après 24 heures. Le milieu tournesolé se recolore après 4 à 6 jours.

Ce germe a été isolé d'une infection spontanée apparue au cours d'élevages expérimentaux chez la mouche piqueuse des écuries (*Stomoxys calcitrans*). Des stomoxes, provenant de larves développées à l'extérieur dans des fumiers de lapins, se sont également montrés infectés. Dans nos élevages en série de cette mouche, tous les sujets sont morts de l'infection après délais variant de 2 à 30 jours; la troisième génération n'a pu être dépassée.

Par *inoculation*, le germe tue en 18-24 heures les divers types de mouches expérimentés, de même que d'autres insectes (blatte, chenilles de *Galleria*). La virulence n'a pu être exaltée par les passages.

Nous avons pu reproduire l'infection *per os*, mais seulement chez les mouches (mouche domestique, mouches à viande, etc.) et en partant de l'état larvaire. Les mouches adultes ne semblent pas contracter d'infection mortelle, même en ingérant des cultures pures du bacille. Chez les mouches infectées à l'état de larves, la mortalité ne se manifeste qu'aux stades suivants: début de la nymphose (mouche à viande), fin de la nymphose (mouche domestique), après l'éclosion (Stomoxe). La maladie transmise expérimentalement donne parfois des résultats très sévères.

En dehors du *Coccobacillus acridiorum* de d'Hérelle, ce germe est le seul coccobacille d'insectes qui jusqu'à présent permette des infections expérimentales *per os*. Il est donc possible d'entrevoir son utilisation pratique dans la lutte contre les mouches. Nous poursuivons les recherches dans ce sens.

PARASITOLOGIE. — *Sur un spirochète nouveau rencontré dans le sang des malades atteints de rougeole*. Note de MM. **A.-T. Salimbeni** et **Y. Kermorgant**, présentée par M. Roux.

On a trouvé et décrit dans le sang des morbilleux diverses bactéries et même des spirilles hôtes habituels de la cavité buccale, passés dans le sang au cours de l'infection. Dans nos recherches, à part ces germes dont le rôle spécifique dans l'étiologie de la rougeole n'a jamais été prouvé, nous avons rencontré et cultivé un organisme particulier, jusqu'ici inconnu, que nous classons provisoirement parmi les spirochétidés.

Ce spirochète existe dans le sang uniquement pendant les périodes d'as-

cension thermique que l'on observe au cours de la rougeole, avant l'éruption ou pendant les premières heures. On peut le retrouver aussi dans l'urine recueillie aseptiquement par sondage de la vessie, dans les heures qui correspondent à la descente de la courbe thermique. La durée de l'élimination urinaire est très éphémère.

Ce germe, que nous avons toujours cultivé, jusqu'ici, en symbiose avec une bactérie déterminée, présente les caractères particuliers suivants : il est strictement anaérobie; il se développe très lentement à la température optima de 32° en sérum de lapin dilué au quart dans l'eau physiologique et additionné de 10 pour 100 d'extrait globulaire; mais, une fois adapté au milieu, il semble moins fragile que les spirochètes connus et s'accommode très bien de la symbiose avec la bactérie dont nous venons de parler. Nous cherchons à déterminer en ce moment si cette symbiose est nécessaire et exclusive.

Très polymorphe dans les différentes phases de son évolution, ce spirochète se présente d'abord, dans les jeunes cultures, sous la forme de granulations microscopiques à la limite de la visibilité. Puis, peu à peu, dans les cultures âgées de 10 à 12 jours, apparaissent des spirochètes de taille d'abord infime, qui croissent ensuite assez rapidement. A ce moment, on les rencontre principalement sous deux formes : l'une droite, sans qu'il soit possible de déceler des tours de spires; l'autre spiralée, onduleuse, à spires plus ou moins rapprochées. Il existe entre ces deux aspects une série de formes de transition qu'on doit cependant rapporter au même microrganisme. La finesse des formes droites ou nettement spiralées est toujours extrême : elles sont environ de la dimension d'un dixième de micromillimètre. Leur largeur, par contre, dans les cultures en plein développement, est extrêmement variable et nous avons pu observer, dans une préparation colorée au Giemsa, un élément spiralé dépassant 300 micromillimètres.

Les spirochètes, qu'ils aient deux ou trois tours de spires (petites formes spiralées), ou de deux à quatre micromillimètres de longueur (petites formes droites); qu'ils se présentent sous forme droite traversant parfois plusieurs champs de microscope, ou bien qu'ils soient constitués par un nombre considérable de spires, finissent toujours par s'élargir, s'aplatir en prenant l'aspect d'un véritable ruban plus ou moins enroulé, d'une minceur extrême et dont la largeur peut atteindre trois à quatre micromillimètres et plus. On constate, par l'observation directe à l'ultramicroscope, que les formes rubanées se résolvent en une quantité innombrable de granules immobiles à la limite de la visibilité. Cette transformation en granules semble marquer la fin du cycle évolutif du parasite.

Les formes en granules, les petites et les grandes formes, spiralées ou droites, sont douées d'un mouvement propre assez limité d'ailleurs et qui diminue et se modifie au fur et à mesure que la taille du parasite augmente; les formes en ruban, par contre, quelle qu'en soit la longueur, sont toujours complètement immobiles.

Ce spirochète se voit très nettement à l'ultramicroscope : l'encre de Burri donne de très bonnes images; le liquide de Giemsa ne colore que certaines formes; l'imprégnation par la Largine réussit seule parmi les méthodes d'imprégnation que nous avons essayées.

Ce microbe a pu être conservé vivant en culture depuis huit mois et semble, dans les repiquages successifs, s'adapter de plus en plus au milieu nutritif.

Étant donné le polymorphisme de cet organisme au cours de ses évolutions et en tenant compte des connaissances acquises sur d'autres spirochètes, nous sommes portés à croire qu'il doit exister une phase pendant laquelle ce spirochète est particulièrement infectant.

Nous ne pouvons définir aujourd'hui le rôle que joue ce spirochète dans l'étiologie de la rougeole. L'inoculation expérimentale à un animal sensible, s'il en existe, ou, à son défaut, les réactions biologiques spécifiques nous fixeront à ce sujet.

BACTÉRIOLOGIE. — *Variation dans la morphologie et l'acidorésistance du bacille tuberculeux humain sous l'influence d'une saponine.* Note (1) de M. **Fernand Wyss**.

Nous avons ensemencé le bacille de Koch, type humain (repiqué de culture sur pomme de terre), sur un milieu liquide indiqué par Terroine et Lobstein (2) :

	g
Phosphate monopotassique	1,5
Sulfate de magnésium	1
Citrate de potassium	2
Asparagine	10
Glycérine	40
Eau distillée	1000

A ce milieu nous avons ajouté pour 10^{cm^3} 4 gouttes d'une solution de saponine dépurée (Siegfried) à 0,25 pour 100.

(1) Séance du 8 octobre 1923.

(2) *Bull. Soc. Ch. Biol.*, t. 5, n° 3, 1923.

Sur la série témoin et la série à la saponine, les voiles se sont formés dès le vingtième jour après l'ensemencement, qui avait été fait en ajoutant au milieu liquide 3 gouttes d'une émulsion de bacilles.

A l'examen microscopique les bacilles traités à la saponine sont apparus sous forme de cellules ramifiées en plasmodes, brisées par places en petits fragments granuleux; il est à noter que cette forme de ramification offre un type particulier qui n'a pas, à notre connaissance, été décrit jusqu'à présent.

Il ne s'agit pas, dans ce cas, de ramifications noueuses et de renflements terminaux en forme de massue, décrits par Metchnikoff, Klein, Fischel, Hueppe et d'autres, mais de véritables bifurcations des bâtonnets, lesquels sont d'ailleurs plus gros et plus larges que les bacilles normaux. Il s'agit en réalité d'une désarticulation du bacille de Koch en cellules plus petites ou plus longues, toutes ces cellulles étant retenues par une gaîne hors de laquelle les éléments, en fausse ramification, poussent des branches très inégales, ou se désarticulent à leur tour en formant de faux plasmodiums.

L'acidorésistance de cette nouvelle forme bacillaire a été étudiée, selon la méthode habituelle, mais en réunissant sur une même lame les frottis de microbes normaux et de microbes traités à la saponite, cela afin d'éviter les différences dans la durée de la décoloration, possibles lorsqu'on travaille avec des frottis séparés.

L'acidorésistance a été recherchée aussi sur des frottis séparés. Nous avons ainsi constaté que les bacilles traités ont une acidorésistance fortement diminuée, leur teinte étant rose clair, tandis que les normaux étaient rouge vif, ou bien les premiers étant colorés lorsque les seconds avaient une teinte rouge.

De ces recherches nous concluons donc :

Que le bacille de Koch croît sur les milieux additionnés de saponine;

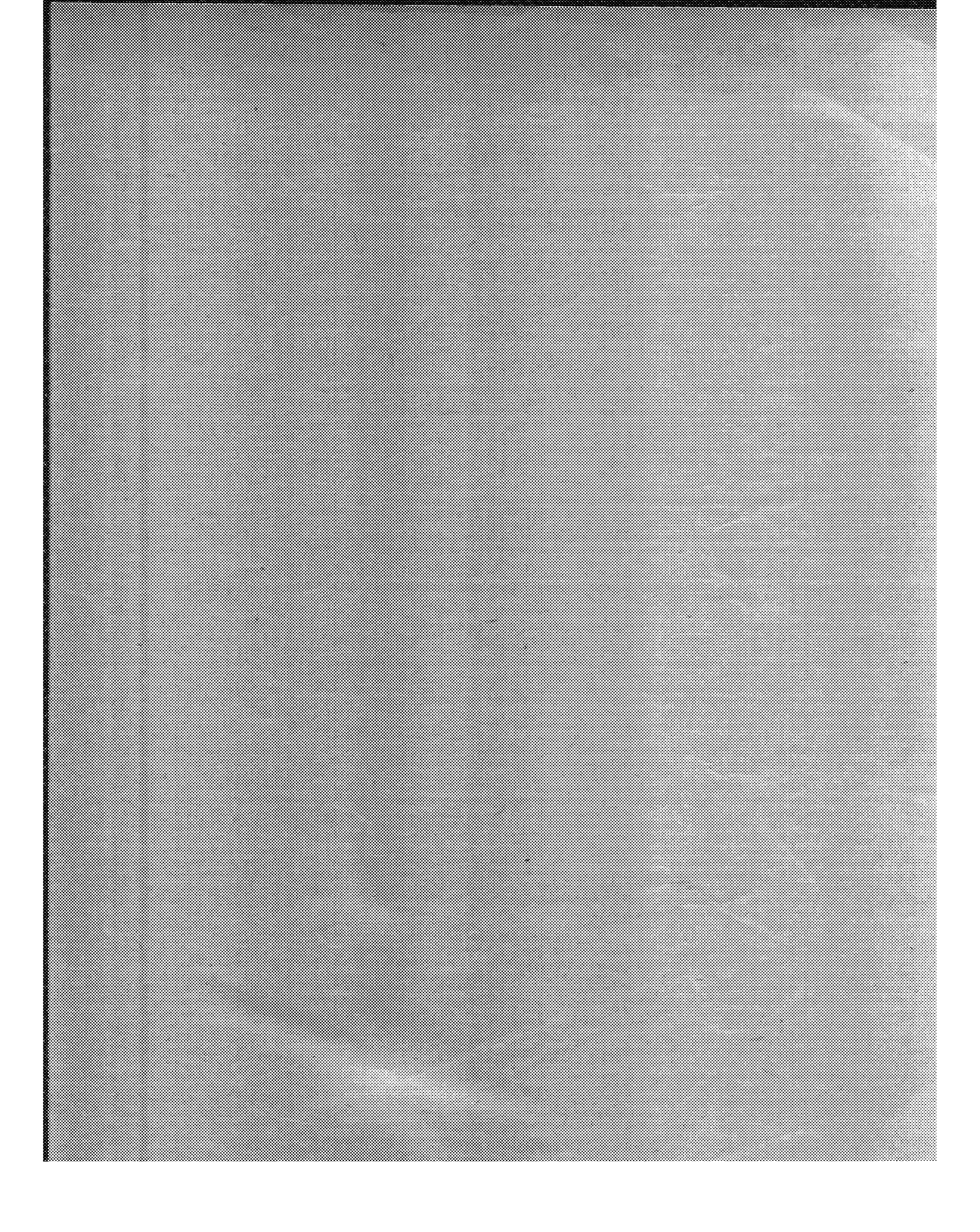
Que la culture obtenue est formée de microbes altérés dans leur forme et leur acidorésistance.

De nouvelles recherches sont en cours pour déterminer de façon plus précise les conditions qui permettent ces transformations ainsi que les conséquences physiologiques et médicales que nous sommes en droit de prévoir.

A $15^h 40^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

E. P.



N° 16

TABLE DES ARTICLES (Séance du 15 Octobre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Pages.

M. A. Lacroix. — La notion de type doliomorphe en lithologie.... 661
M. Jean Perrin. — Radiochimie de la fluorescence.... 665
M. L. Joubin. — Sur la session tenue à Paris du Conseil international pour l'exploration de la mer.... 666
MM. V. Grignard, J. Dœuvre et R. Escourrou. — Sur la constitution de la méthylhepténone naturelle.... 669

NOMINATIONS.

MM. Émile Picard et G. Bigourdan sont désignés pour représenter l'Académie au Congrès national de Chronométrie, qui se tiendra à l'Observatoire de Paris.... 673
M. Maurice d'Ocagne est désigné comme délégué à l'inauguration d'une plaque commémorative qui aura lieu à Strasbourg.... 673

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité invite l'Académie à désigner des délégués à la seconde session de la Conférence internationale des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension.... 673
M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance.... 673
M. Ervand Kogbetliantz. — Sur l'unicité des séries trigonométriques.... 674
M. F.-H. van den Dungen. — Sur les équations intégrales à plusieurs paramètres et leurs applications techniques.... 677
M. N. Vasilesco Karpen. — Sur le mécanisme du vol à voile.... 679
M. J. Guillaume. — Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de 1923.... 681
Mlle St. Maracineanu. — Sur une méthode de mesure pour un fort rayonnement.... 682
M. Claude Bonnier. — Sur les solutions aqueuses de bicarbonate d'ammonium.... 685
M. Bourguel. — Sur la préparation des carbures acétyléniques vrais à partir du propylène dibromé-2.3 par l'amidure de sodium : l'hexine et le cyclohexylpropine vrais.... 688
M. Raymond Delaby. — Déshydratation catalytique de l'éthylglycérine.... 690
M. J.-F. Durand. — Doubles décompositions, en milieu aqueux, entre des acétylures métalliques et des sels.... 693
M. Jean Bordas. — Sur une cause d'erreur dans le procédé de Jodlbauer pour le dosage de l'azote total.... 696
M. P. Gaubert. — Sur les plans de Grandjean.... 698
M. Émile Belot. — Sur une forme de volcanisme latent en relation avec les tremblements de terre et les raz de marée. Reproduction expérimentale d'un raz de marée. 701
M. E. Rothé. — Sur les tremblements de terre observés en France au cours de l'année 1922.... 703
M. René Souèges. — Embryogénie des Joncacées. Développement de l'embryon chez le *Luzula Forsteri* DC.... 705
M. V. Lubimenko. — Influence des blessures des feuilles sur la production de substance sèche chez les plantes vertes.... 708
MM. E. Lesné et M. Vagliano. — Différenciation de la vitamine A et du facteur antirachitique.... 711
M. F. Vincens. — Sur une muscardine à *Beauveria Bassiana* (Bals.) Vuil. produite expérimentalement sur des abeilles. 713
MM. E. Roubaud et J. Descazeaux. — Sur un agent bactérien pathogène pour les mouches communes : *Bacterium delendæ-muscæ* n. sp.... 716
MM. A.-T. Salimbeni et Y. Kermorgant. — Sur un spirochète nouveau rencontré dans le sang des malades atteints de rougeole.... 717
M. Fernand Wyss. — Variation dans la morphologie et l'acidorésistance du bacille tuberculeux humain sous l'influence d'une saponine.... 719

70755 — 10-23 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS et Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thouzellier.

1923

DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 17 (22 Octobre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 OCTOBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un équatorial d'un type nouveau, dit table équatoriale, et destiné surtout aux recherches d'Astronomie physique.* Note de M. **H. Deslandres.**

L'équatorial est l'instrument le plus employé dans l'observation des astres, et la grande majorité des équatoriaux actuellement en service est organisée pour porter la simple lunette ordinaire. L'instrument comprend en principe, comme on sait, deux axes de rotation, perpendiculaires et superposés l'un à l'autre. Le principal, dit axe horaire, est parallèle à la ligne des pôles terrestres; le second est l'axe de déclinaison, auquel est fixé le tube de la lunette ou du télescope, tube qui lui est perpendiculaire. Si l'on ajoute à la lunette un cercle de position et un bon micromètre ou une chambre photographique, l'instrument ainsi constitué suffit aux mesures précises de position : il est simple et peut être construit léger, pour avoir un maniement plus facile.

Mais la branche nouvelle de l'Astronomie, l'Astronomie physique, qui prend une importance toujours croissante, a apporté des besoins nouveaux; elle exige l'addition à l'équatorial d'appareils nombreux, souvent lourds et encombrants, et la modification des types primitifs est devenue nécessaire. Ainsi, pour l'analyse spectrale des astres, on doit fixer de grands spectrographes à la lunette ou au télescope, et la plupart des équatoriaux français ne sont pas assez solides pour supporter ce poids supplémentaire, ou ne sont pas disposés pour le recevoir commodément. D'autres appareils doivent être fixés au corps même de la lunette et entraînés avec elle; mais, comme la

lunette est en général de section circulaire, la liaison avec elle est difficile [1]; souvent aussi la lunette, toujours utile comme viseur, n'est plus la partie principale, mais plutôt un accessoire. On est ainsi conduit à la solution radicale suivante : il convient de fixer directement à l'axe de déclinaison, non plus la lunette, mais une très grande table métallique, perpendiculaire à cet axe, sur laquelle on placera tous les appareils à entraîner, la lunette-viseur y comprise. On a alors ce que j'ai appelé en 1900 une *table équatoriale*.

Comme il est fortement question de développer en France les études d'astronomie physique, je crois utile de décrire brièvement les dispositifs adoptés à l'Observatoire de Meudon pour réaliser ces tables supports. Nous avons, d'une part, fait construire des équatoriaux entièrement nouveaux, et, d'autre part, nous avons aménagé et modifié les équatoriaux existants.

L'observatoire a fait construire pour l'éclipse totale du Soleil de 1900 une première table équatoriale, dont la disposition générale est donnée par les figures 8 et 9 de la planche I. Aux deux extrémités de l'axe de déclinaison, et de chaque côté de l'axe horaire, se trouvent deux tables en bois, égales et symétriques qui peuvent porter plusieurs appareils. Dans la Note des *Comptes rendus* de 1900, qui résume les observations de l'éclipse, on ajoute « que l'on peut fixer sur ces tables les appareils aussi facilement que sur une table de laboratoire ». Le même instrument a été utilisé aussi pour l'éclipse totale de 1905; et à Meudon, il a été placé en permanence sous une cabane roulante, et employé à l'étude des étoiles et comètes [2]. Mais l'instrument, construit démontable et léger pour la facilité du transport, est petit et peu solide. Il a, tout au moins, mis en relief la grande valeur du dispositif, et nous avons conclu à l'utilité d'un instrument plus grand, plus résistant et susceptible de porter des poids plus lourds.

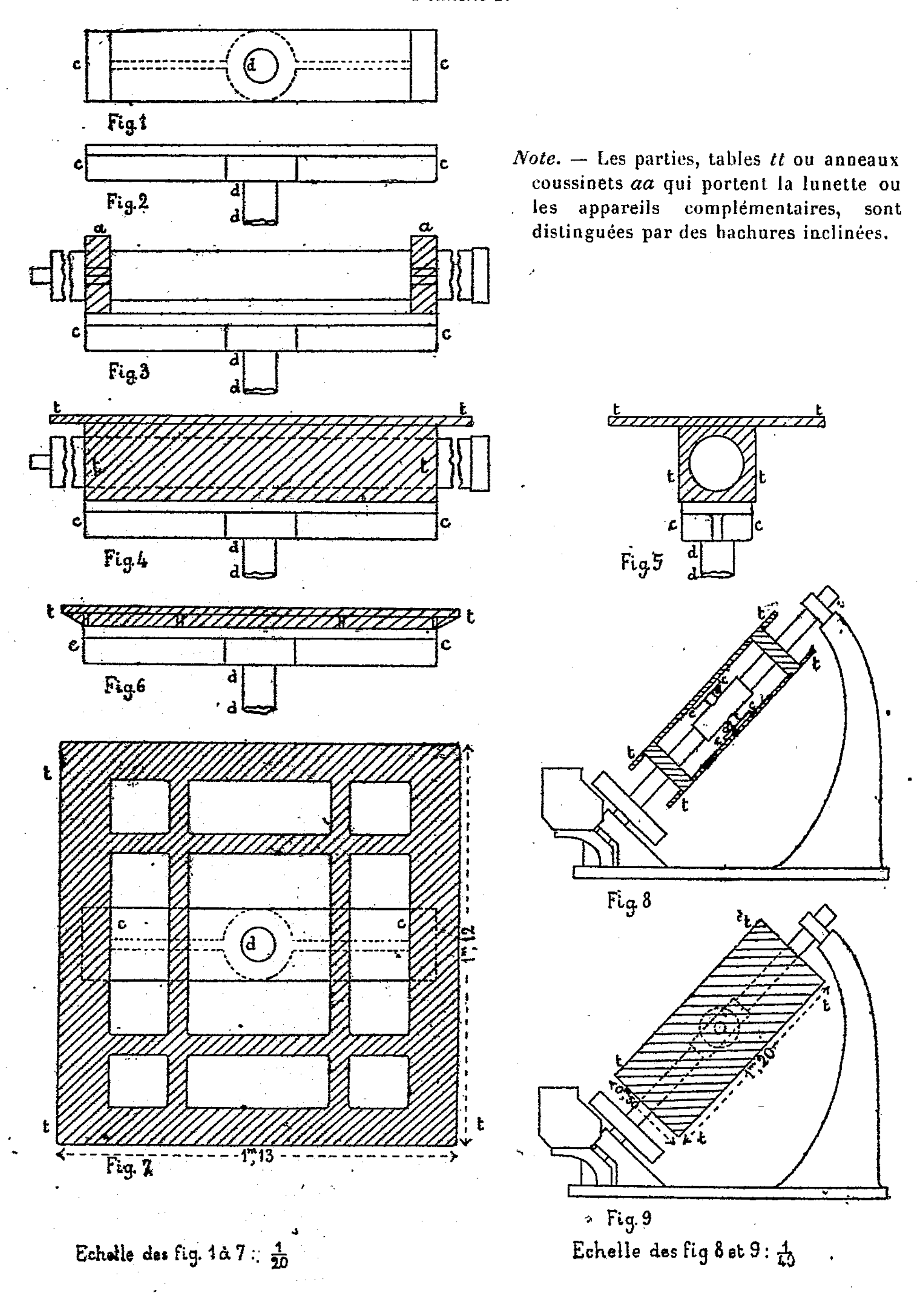
En même temps on a modifié dans le même sens les deux équatoriaux, petits ou moyens, organisés sous coupole depuis l'origine de l'observatoire, et appelés équatorial Eichens et équatorial du huit pouces. Les deux ont à une extrémité de l'axe de déclinaison (*dd* sur les figures 1, 2 et 3 de la planche I) une plaque métallique rectangulaire appelée chapeau (*cc* sur les figures). Cette plaque, consolidée par des nervures, porte les deux anneaux

---

[1] Dans quelques équatoriaux récents, le corps de lunette est à section carrée ou rectangulaire.

[2] Voir *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1695; t. 141, 1905, p. 517; t. 147, 1908, p. 954; t. 150, 1910, p. 652.

Planche I.



Note. — Les parties, tables *tt* ou anneaux coussinets *aa* qui portent la lunette ou les appareils complémentaires, sont distinguées par des hachures inclinées.

Echelle des fig. 1 à 7 : $\frac{1}{20}$

Echelle des fig 8 et 9 : $\frac{1}{40}$

coussinets (*aa*), qui relient solidement la lunette à l'équatorial. Les deux anneaux ont été enlevés, et l'on a fixé à leur place un long cylindre de fonte à section carrée, dont une face en contact avec le chapeau est reliée à lui solidement (*fig.* 4 et 5). Les trois autres faces (*tt* sur les figures) peuvent porter des appareils; et, même la face extérieure a été doublée d'une table en chêne qui l'agrandit. Quant à la lunette, elle est placée à l'intérieur du cylindre de fonte et fixée à lui de telle manière que les appareils ajoutés et la lunette-viseur sont absolument solidaires. Cette table à trois pans a reçu de nombreux appareils destinés à l'étude des étoiles et comètes, et, en particulier les chambres à prismes de 61°, longues de 80^{cm}, qui ont décelé les raies brillantes de l'atmosphère dans les étoiles jaunes ([1]).

Autrement on a fixé au chapeau une grande table plate nervurée, représentée dans les figures 6 et 7, et cette table a porté une chambre prismatique très lumineuse, constituée par un prisme objectif large de 25^{cm} et un miroir concave de 25^{cm} d'ouverture et 75^{cm} de distance focale. Cette chambre a servi à de nombreuses recherches sur les étoiles, les comètes et les nébuleuses ([2]).

Récemment on a changé le chapeau de l'équatorial Eichens, et on l'a remplacé par un chapeau identique à celui du huit pouces et percé des mêmes trous. La table à trois pans (*fig.* 4 et 5) et les tables plates au nombre de quatre (deux conformes aux figures 6 et 7, et deux plus petites) peuvent alors être fixées indistinctement sur l'un ou l'autre des équatoriaux.

De ces cinq tables, deux sont sur les équatoriaux, et les trois autres sont au laboratoire, prêtes à recevoir d'avance d'autres appareils destinés aux recherches nouvelles. Cette organisation, qui est simple et pratique, a donné de bons résultats et peut être recommandée.

Cependant les deux équatoriaux précédents, construits autrefois pour recevoir une lunette légère, ne peuvent pas porter des poids un peu lourds. Pour les recherches qui sont en projet, il nous faut une table équatoriale beaucoup plus large et solide, déjà réclamée d'ailleurs en 1900. Les crédits

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, 1907, t. 145, p. 446; 1908, t. 147, p. 774; 1909, t. 148, p. 805, et t. 149, p. 1103; 1910, t. 150, p. 254; 1921, t. 172, p. 405 et 729; 1922, t. 175, p. 121.

([2]) Voir *Comptes rendus*, 1910, t. 150, p. 254; 1911, t. 152, p. 173 et 302; 1911, t. 153, p. 756; 1912, t. 154, p. 961, et t. 155, p. 896; 1913, t. 156, p. 1653, et t. 157, p. 539.

nécessaires ont été accordés seulement en 1922, et la table équatoriale nouvelle est actuellement en construction. Les figures 1, 2 et 3 de la planche II en donnent une idée générale.

Planche II.

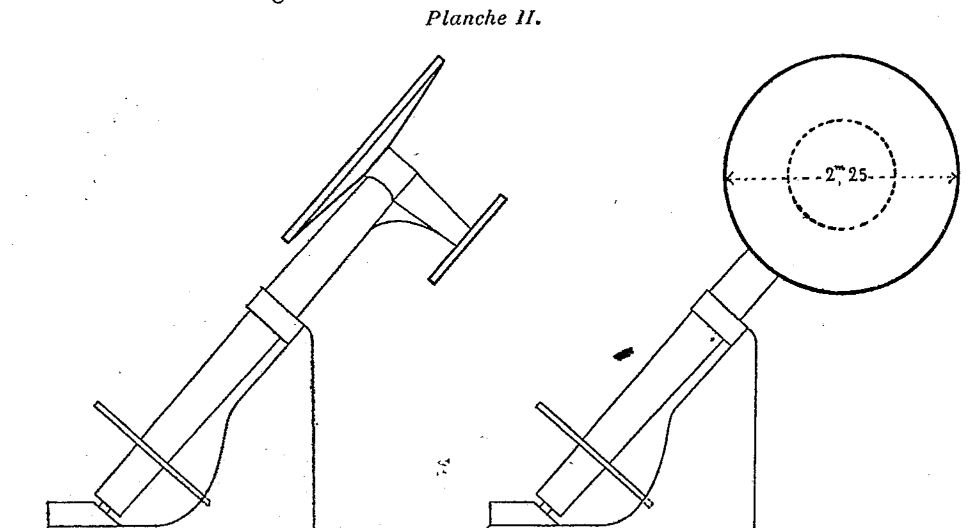


Fig. 1. Fig. 2.

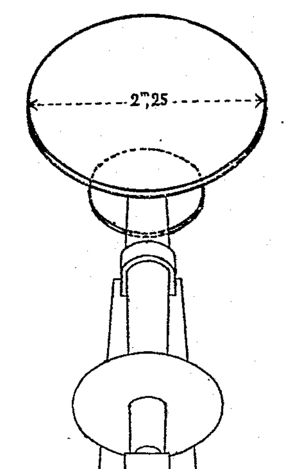


Fig. 3.

DESSINS SCHÉMATIQUES
d'une table équatoriale nouvelle. Échelle $\frac{1}{10}$.

Fig. 1. — Projection sur un plan parallèle au méridien, les tables étant perpendiculaires au méridien.

Fig. 2. — Projection sur le même plan, les tables étant parallèles au méridien.

Fig. 3. — Projection sur un plan vertical perpendiculaire au méridien, les tables étant perpendiculaires au méridien.

L'axe de déclinaison traverse l'axe horaire; à une extrémité, il porte une grande table en fonte, circulaire, de $2^{m},25$ de diamètre, et à l'autre extrémité plus éloignée de l'axe horaire, une seconde table plus petite. Les deux

ont des séries de rainures, ici non représentées, qui permettent de leur fixer aisément et solidement des appareils quelconques (1); pour la commodité des observations, elles sont complètement dégagées vers le Nord, ce qui exige de les avoir en porte à faux par rapport aux coussinets supports de l'axe horaire (2).

Par contre, l'axe horaire qui est en fonte épaisse avec un grand diamètre (40^{cm}) est très solide, et, même avec un poids additionnel de 3000^{kg} (2000^{kg} pour la grande table et 1000^{kg} pour la petite qui fait contrepoids), les déplacements de flexion à l'extrémité supérieure sont encore faibles. De plus, toutes les rotations ont lieu sur billes, le cercle denté d'entraînement est à grand diamètre, et le moteur adopté est un moteur électrique très souple, contrôlé par une pendule. Les conditions sont telles que l'instrument et tous les accessoires, malgré leur poids élevé, pourront suivre avec aisance et précision le mouvement du ciel.

L'instrument pourra porter les appareils les plus divers, et presque aussi facilement qu'une table de laboratoire, et si le besoin s'en fait sentir, il sera facile de lui donner des dimensions plus grandes; car les couronnes de billes, actuellement réalisées dans l'industrie, peuvent porter jusqu'à 40000^{kg}.

Finalement, la table équatoriale apparaît comme un instrument nécessaire, fondamental de l'Astronomie physique, et j'ai réclamé récemment son emploi dans les observations de montagne, qui sont en projet (3).

En présentant le deuxième Volume des *Actualités de la Chimie contemporaine* (4), pour lequel il a écrit une Préface, M. **A. Haller** s'exprime en ces termes :

Cette deuxième série de conférences faites dans mon laboratoire de la Sorbonne comprend : 1° un complément à l'étude de la micro-analyse

(1) On peut aussi, et sans grande dépense, avoir, comme avec les équatoriaux anciens, plusieurs tables, semblables ou différentes, qui se substituent aisément les unes aux autres. On aurait, par exemple, une seconde table, ajourée et nervurée, divisée en rayons et cercles concentriques, et dont les rayons prolongés dépasseraient le cercle de $2^m,25$ de diamètre.

(2) On aurait pu aussi adopter la disposition des figures 8 et 9 de la planche I.

(3) Je dois remercier vivement M. Baldet, aide astronome détaché à Meudon, et M. Dupont, ingénieur aux Forges de la Marine et d'Homécourt, qui m'ont apporté un concours précieux dans l'établissement de la table nouvelle.

(4) Séance du 15 octobre 1923.

quantitative par M. Cornubert; 2° un exposé sur la constitution des atomes et l'affinité chimique, par M. Berthoud, professeur à l'Université de Lausanne; 3° une conférence de M. Cornubert sur la réfraction et la dispersion moléculaires; 4° des études sur l'anthraquinone, par M. Battegay, professeur à l'École supérieure de Chimie de Mulhouse; 5° une conférence sur les mydriatiques et les myotiques, par M. Tiffeneau, professeur agrégé à la Faculté de Médecine; 6° une étude sur la dispersion rotatoire naturelle, par M. E. Darmois, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Toutes ces conférences sont en quelque sorte des mises au point de questions qui sont à l'ordre du jour dans les milieux où l'on s'occupe de Chimie physique, de Chimie organique et d'Analyse.

M. **Paul Janet** fait hommage à l'Académie du tome III, cinquième édition, de ses *Leçons d'Électrotechnique générale professées à l'École supérieure d'Électricité*.

M. le **Secrétaire perpétuel** attire l'attention de l'Académie sur le Répertoire de la *Bibliographie géologique du sud-est de la France* (Alpes françaises et Provence), qu'il dépose sur le bureau au nom de MM. W. Kilian et O. Nicaud.

Cette bibliographie par noms d'auteur, comprenant 6720 *numéros*, est enrichie d'un Répertoire analytique; elle sera d'un grand secours pour tous ceux qui s'intéressent à la géologie et à la géographie de la France et en particulier de ses Alpes.

M. **Aimé Witz** fait hommage à l'Académie des tomes I et II, cinquième édition, de son *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz, à essence et à pétrole*. Cette édition a été entièrement remaniée, complétée et mise à jour. Le premier volume est plus particulièrement consacré aux questions de théorie et aux opérations de mesure; le second renferme des monographies des principaux carburateurs, gazogènes et moteurs de toute espèce, de l'industrie fixe, de l'automobilisme et de l'aviation.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président de l'Institut** informe l'Académie que les élections des Membres du *Conseil supérieur de l'Instruction publique* auront lieu le vendredi 9 novembre prochain et il invite l'Académie à choisir celui de ses membres qu'elle proposera au suffrage de l'Institut, en remplacement de M. *Émile Picard*, rééligible.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui fera partie de la deuxième section de la commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques* en remplacement de M. *Violle*, décédé.

M. le **Ministre des Finances**, par l'intermédiaire de son collègue de l'Instruction publique, invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui devra occuper, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. *A. Haller*, rééligible.

M. le **Sous-Secrétaire d'État de l'enseignement technique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la chaire de *Mécanique*, vacante au Conservatoire national des arts et métiers.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Institut Pasteur de Lille et la célébration du centenaire de Pasteur à Lille*, par Louis Marmier, directeur adjoint, avec la collaboration de Eugène Boullanger, sous-directeur, et de Maurice Breton, Victor Grysez, Camille Guérin, Edmond Rolants, chefs de Laboratoire.

2° André Metz. *La relativité, exposé élémentaire des théories d'Einstein et réfutation des erreurs contenues dans les ouvrages les plus notoires*. Préface de M. Jean Becquerel. (Présenté par M. Émile Borel.)

3° L. Vialleton. *Morphologie générale. Membres et ceintures des Vertébrés tétrapodes. Critique morphologique du transformisme.* (Présenté par M. Henneguy.)

4° *Comptes rendus de la première Assemblée générale de la Section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, réunie à Rome en mai* 1922, par Georges Perrier. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

5° *Le gisement cuisien de Gan* (Basses-Pyrénées), par G. O'Gorman. *Description des Mollusques*, par M. Cossmann. (Présenté par M. H. Douvillé.)

ARITHMÉTIQUE. — *Propriétés des groupes abéliens finis.* Note de M. A. Châtelet.

En utilisant la méthode que j'ai signalée dans une Note précédente (juillet 1922) pour l'étude des groupes abéliens finis, j'ai obtenu quelques résultats que je voudrais signaler brièvement.

1. Un automorphisme d'un groupe G est un isomorphisme, soit holoédrique de G avec lui-même (automorphisme proprement dit), soit mériédrique d'un sous-groupe de G avec G (pseudo-automorphisme). L'ensemble des automorphismes constitue un *corps*, dont on peut représenter les éléments par des matrices semi-permutables à droite (ou à gauche) avec un tableau P, et définies à l'addition près d'un multiple à droite (ou à gauche) de P. Quel que soit le mode adopté pour cette représentation, les tableaux P ont toujours les mêmes invariants, à un certain nombre d'unités près.

Il en résulte en particulier qu'une condition nécessaire et suffisante d'isomorphisme holoédrique de deux groupes abéliens est l'homomorphisme holoédrique (correspondance biunivoque conservant le produit et la somme) de leurs corps d'automorphismes, ou, ce qui revient au même, l'isomorphisme mériédrique de leurs groupes d'automorphismes proprement dits.

Le corps des automorphismes peut être engendré par addition et multiplication à partir des seuls automorphismes proprement dits (c'est-à-dire encore à partir de ses éléments non diviseurs de O), si les invariants de P renferment tous la même puissance de 2, en particulier s'ils sont tous impairs. Si la condition n'est pas réalisée, les automorphismes proprement dits n'engendrent qu'un sous-corps du corps des automorphismes.

Je signale encore que tout corps d'un nombre fini d'éléments est toujours inclus dans un corps d'automorphismes.

2. A l'étude des automorphismes se rattache celle des *sous-groupes régu-*

liers; on appelle ainsi un sous-groupe H de G qui reste invariant dans tout automorphisme de G. On peut distinguer les sous-groupes réguliers *au sens large*, dont on ne vérifie l'invariance que pour les automorphismes proprement dits et les sous-groupes réguliers au sens étroit qui correspondent encore à un de leurs sous-groupes dans tout isomorphisme mériédrique d'un sous-groupe de G avec G. Si les invariants de G contiennent la même puissance de 2, tout sous-groupe régulier au sens large l'est aussi au sens étroit.

Pour qu'un sous-groupe H de G soit régulier au sens étroit, il faut et il suffit que les produits de ses invariants par les invariants de même rang du groupe quotient GH donnent les invariants de G.

En outre, étant donnés deux sous-groupes réciproques de G, caractéristiques au sens restreint, il n'y a pas d'autres couples de sous-groupes réciproques de G qui leur soient isomorphes holoédriquement.

3. L'étude de la constitution des corps abéliens conduit à la notion de sous-groupe quotient irréductible d'un produit direct $G = H \times K \times \ldots$. J'entends par là le groupe quotient de G par un sous-groupe G' qui ne contient aucun produit direct de sous-groupes H', K', ... de H, K, ...

D'une façon en quelque sorte corrélative ou réciproque, on définit un sous-groupe G_1 irréductible de G si le groupe quotient GG_1 n'a aucun groupe quotient qui soit produit direct de groupes quotients de H, K, ...

En se servant par exemple de cette seconde notion on voit aisément que si un sous-groupe d'un produit direct n'est pas irréductible il est sous-groupe irréductible d'un produit direct de sous-groupes convenables de H, K, ...

Un sous-groupe irréductible d'un produit direct $G = H \times K \times \ldots$ est diviseur de G et multiple commun de H, K, ... (c'est-à-dire qu'il admet des sous-groupes isomorphes holoédriquement à H, K, ...) et réciproquement *tout groupe diviseur de* G *et multiple commun des groupes facteurs* H, K, ... *est isomorphe holoédriquement à un sous-groupe irréductible du produit* $H \times K \times \ldots$.

Cette réciproque m'a paru assez cachée et je n'ai pu en obtenir qu'une démonstration relativement longue. Ceci m'en fait espérer des applications intéressantes dans la théorie des corps abéliens.

J'ai utilisé notamment dans ce but le lemme suivant qui semble intéressant en lui-même : étant donné un groupe G de rang h et un diviseur H, pour qu'on puisse trouver un diviseur K, réciproque de H, au plus de rang ρ, il faut et il suffit que les $h-\rho$ premiers invariants de G divisent les $h-\rho$ derniers invariants de H (qui est par suite de rang au moins égal à $h-\rho$).

4. Enfin comme exemple du mutuel appui que peuvent se prêter la

théorie des groupes abéliens et l'arithmétique des matrices, je signale que la démonstration de l'invariance bien connue des ordres d'une base réduite d'un groupe abélien établit en même temps la propriété arithmétique suivante qui me semble inédite :

Soient A *et* B *deux tableaux à termes entiers de même ordre*, M *leur p. p. m. c. à gauche* et D *leur p. g. c. d. à droite; les tableaux à termes entiers :*

$$A'' = M . A^{-1} \quad \text{et} \quad B'' = M . B^{-1},$$

ont respectivement les mêmes invariants que les tableaux

$$B' = B . D^{-1} \quad \text{et} \quad A' = A . D^{-1},$$

c'est-à-dire encore leur sont équivalents (ils se déduisent des précédents par multiplications à droite et à gauche par des tableaux unimodulaires).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les cercles paratactiques et la cyclide de Dupin.* Note [1] de M. **A. Bloch**, présentée par M. Hadamard.

Soient C, C′ deux cercles placés d'une façon quelconque dans l'espace.

Dans ses *Leçons de Géométrie élémentaire*, Tome II (en particulier p. 572-73), M. Hadamard a considéré certaines propriétés anallagmatiques de la figure ainsi formée. Il a déterminé les deux cercles Γ, Γ′ dont chacun coupe tant C que C′ en deux points et à angle droit, et montré la relation de cette question avec le maximum et le minimum de l'angle sous lequel une sphère variable S passant par C coupe C′.

Ces mêmes propriétés ont été traitées d'une manière systématique (sans la connaissance des premiers résultats de M. Hadamard) dans l'ouvrage capital de M. J.-L. Coolidge [2] (que nous n'avons nous-même connu que tout récemment). C'est M. Coolidge qui a constaté que les cercles Γ *pouvaient être indéterminés*. Les cercles pour lesquels cette circonstance se présente, et qu'il a appelés *paratactiques*, peuvent être considérés comme caractérisés par le fait que leurs foyers (au sens de Darboux) sont deux à deux à distance nulle. Autrement dit, ce sont deux cercles tels que chacun soit tangent aux cônes isotropes contenant l'autre.

1. Propriétés des cercles paratactiques. — Il est remarquable, dans ces conditions, que, du moins à notre connaissance, les deux auteurs que nous

(1) Séance du 15 octobre 1923.

(2) *A. Treatise on the Circle and the Sphere*, Oxford, 1916. — Une Note récente de M. Vessiot (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 989) est consacrée au même sujet.

venons de citer n'aient pas remarqué les propriétés simples suivantes, que nous avions notées dès 1913 :

A. *Étant donné un couple de cercles paratactiques* C, C', *une sphère variable passant par l'un coupe l'autre à angle constant; cet angle demeure le même quand on intervertit les deux cercles.* Nous l'appellerons *angle de parataxie.*

B. *Un plan variable passant par une focale d'un cône du second degré coupe une section circulaire à angle constant.* Les racines correspondantes de l'équation en s sont supposées différentes, ce qui arrivera sûrement si tout est réel.

C. *Le rapport anharmonique intercepté par* C, C' *sur chacun des* ∞ *cercles* Γ *a une valeur constante; les deux sphères* (C, Γ), (C', Γ) *se coupent sous un angle constant, identique à l'angle de parataxie.*

Nous avons été conduits, plus récemment, à leur adjoindre les suivantes :

D. *Deux cercles paratactiques sont deux cercles tels que tout cercle cosphérique commun les coupe sous des angles égaux.*

E. *Soient deux cercles paratactiques; soient deux cercles dont chacun les coupe en deux points (et par suite sous des angles égaux), l'angle d'intersection étant de plus le même pour ces deux nouveaux cercles. Alors :* 1° *ces deux nouveaux cercles sont paratactiques;* 2° *si l'on considère le quadrilatère à côtés circulaires, dont les quatre angles sont égaux, formé par ces quatre cercles, l'angle des sphères qui joignent un côté aux deux côtés adjacents est égal à l'angle analogue obtenu en remplaçant ce côté par le côté opposé;* 3° *dans le même quadrilatère, les rapports anharmoniques interceptés sur deux côtés opposés sont égaux.*

2. Congruence paratactique. — Nous appelons *congruence paratactique* la congruence engendrée par les cercles dont les foyers décrivent deux droites isotropes fixes non sécantes, dites *bases* de la congruence, et situées sur la *sphère principale*, orthogonale à tous les cercles.

Envisageons d'autre part une *cyclide de Dupin*; on sait que les *cercles de Villarceau* (deux systèmes) sont les cercles distincts des lignes de courbure; ils sont orthogonaux à une sphère appelée *sphère principale* S de la cyclide. Les deux *cercles principaux*, dont chacun est orthogonal à une des séries des sphères inscrites, sont orthogonaux à cette même sphère.

F. *Les cercles de Villarceau des deux systèmes d'une cyclide de Dupin appartiennent respectivement aux deux congruences paratactiques, à chacune desquelles appartient le couple des cercles principaux; les foyers d'un cercle, comme ses pieds sur la sphère principale, sont en relation homographique. Et réciproquement.*

G. *Une congruence paratactique peut être, de ∞^2 façons, considérée comme formée par les cercles de Villarceau d'un système d'un faisceau de cyclides de Dupin dont les quatre points nodaux (les deux cercles principaux) sont fixes; en particulier on peut prendre, d'une manière et d'une seule, un faisceau de tores.*

3. Cyclide de Dupin. — Appelons *puissance réduite* d'un point par rapport à un cercle le quotient par le rayon du produit des normales menées du point au cercle; par une inversion, la puissance réduite est simplement *multipliée par le rapport des deux rayons vecteurs.*

H. *La cyclide de Dupin est le lieu des points dont le rapport des puissances réduites, par rapport aux deux cercles principaux, a une certaine valeur constante k.*

I. Le réseau de Villarceau est *isogonal* et *isométrique*, orthogonal et isotherme si $k = 1$. La représentation conforme plane sur un réseau de rectangles et de losanges rend ces propriétés intuitives.

J. *Les sphères passant par deux cercles de Villarceau fixes de même système d'une cyclide de Dupin, et un point variable de la surface, se coupent à angle constant.*

K. *Les faisceaux de sphères passant par deux cercles de Villarceau fixes de même système d'une cyclide de Dupin et un point variable de la surface balaient des angles égaux;* nous dirons *qu'ils sont conformes.*

L. *Étant donnés trois cercles d'une congruence paratactique, les sphères passant par deux d'entre eux et un point variable de l'autre décrivent des faisceaux conformes et se coupent à angle constant.*

M. Étant donnés deux cercles de Villarceau de même système, trois angles sont à considérer : leur angle de parataxie V, l'angle α, dont l'existence résulte de J, sans lequel le système des deux cercles est « *vu* » d'un point variable de la surface; l'angle λ de la *rotation* qu'il faut imprimer au premier autour d'un (arbitraire) des deux cercles principaux pour l'amener sur le second. *On a* $\lambda = 2\alpha$.

N. *Soit ω l'angle d'isogonalité du réseau de Villarceau; on a*

$$\sin V = \sin\omega \sin\alpha.$$

Il est superflu de souligner l'analogie des propositions J, K, M avec celles du IIe livre d'Euclide.

O. *Une sphère d'une série inscrite dans une cyclide de Dupin coupe à angle constant, non seulement tout cercle fixe passant par les deux points-sphères de la série, mais encore tout cercle de Villarceau fixe d'une cyclide de Dupin ayant mêmes points nodaux que la proposée.*

Observations de M. Hadamard *à propos de la Note précédente.*

Tous ceux qu'intéressent les progrès de la Géométrie pure seront frappés par l'élégance et la simplicité des résultats obtenus par M. A. Bloch, dans un domaine à propos duquel tout semblait dit, surtout depuis l'important ouvrage de M. Coolidge.

Particulièrement remarquable est la notion (nouvelle, à notre connaissance) de *puissance réduite*. Aux propriétés énoncées à son égard par l'auteur, on peut ajouter la suivante, qui permet d'ailleurs d'en simplifier la démonstration.

La puissance réduite d'un point A *de l'espace par rapport à un cercle* C *est égale à la puissance réduite de* A *par rapport à une sphère quelconque* S *passant par* C, *divisée par le sinus de l'angle que fait* S *avec la sphère* (CA).

Ici encore, comme dans la Note que l'on vient de lire, l'analogie avec un résultat de Géométrie du plan et de la droite est évidente.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des fonctions quasi analytiques d'une ou plusieurs variables.* Note de M. Maurice Gevrey.

1. Nous avons énoncé antérieurement [1] certaines propriétés des fonctions indéfiniment dérivables, qui leur sont communes avec les fonctions analytiques. Ces résultats s'appliquaient, en particulier, aux fonctions *quasi analytiques de catégorie p* de M. Borel. Depuis, les travaux de M. Carleman, continuant ceux de M. Denjoy, ont permis d'élargir définitivement la définition des fonctions quasi analytiques d'une variable : k étant un nombre fixe arbitraire, une classe de fonctions $f(x)$, vérifiant dans un intervalle (a, b) la condition $|f^{(n)}(x)| < k^n A_n$, est dite *quasi analytique* si deux fonctions de cette classe dont toutes les dérivées coïncident en un point de (a, b) sont identiques dans (a, b). Ceci entraîne, comme condition nécessaire et suffisante, que la plus petite majorante non croissante de la série $\Sigma A_n^{-\frac{1}{n}}$ soit divergente [2]. Appelons, pour abréger, *fonctions* Q toutes celles qui vérifient cette condition. Nous nous proposons de mettre en harmonie nos résultats antérieurs avec cette définition et, en particulier, de voir *sous quelles conditions les fonctions* Q *peuvent s'engendrer mutuellement.*

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 368.

(2) Carleman, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 422.

2. La définition, en effet, n'entraîne pas que la somme de deux fonctions Q appartenant à deux classes différentes, la dérivée d'une fonction Q soient elles-mêmes quasi analytiques; de même pour une fonction de fonction $\varphi[u(x)]$, alors même que φ et u appartiendraient à la même classe. Proposons-nous de chercher à quelles conditions le résultat de ces opérations nous donnera une fonction Q.

Nous appellerons *fonctions* Q *régulières*, ou plus simplement fonctions Q_r, celles pour lesquelles la série $\Sigma(n\omega_n)^{-1}$ diverge, ω_n étant le maximum de l'ensemble des nombres

$$p^{-1}|f^{(p)}(x)|^{\frac{1}{p}},$$

ou même, plus généralement,

$$p^{-1}|f^{(p)}(x)|^{\frac{1}{p+\alpha}} \quad (\alpha \text{ nombre fixe quelconque}),$$

pour $a \leqq x \leqq b$ et $p \leqq n$. La suite non décroissante ω_n caractérise le *type* $[\omega]$ de la fonction envisagée $(|f^{(n)}| < n^n \omega_n^{n+\alpha})$, en élargissant quelque peu le sens que nous avions donné à ce mot (Note citée).

On démontre alors que *les dérivées successives d'une fonction* Q_r *sont quasi analytiques* (¹) et que, *si* $\varphi(u)$ *et* $u(x)$ *sont des fonctions* Q_r *de même classe*, $\varphi[u(x)]$ *est aussi quasi analytique.*

3. Cherchons à étendre ces résultats au *cas de p variables*. Soit, par exemple, une fonction $f(x_1, \ldots, x_p)$ définie dans un domaine continu D, où elle satisfait à la condition

$$\left|\frac{\partial^{n_1+\ldots+n_p} f}{\partial x_1^{n_1}\ldots\partial x_p^{n_p}}\right| < k^{n_1\ldots n_p} A_{n_1\ldots n_p},$$

(¹) Ceci revient à établir que la série $\Sigma n^{-1}\omega_n^{-1-\frac{h}{n}}$ diverge, quel que soit h. Or la divergence de la série $S = \Sigma(n\omega_n)^{-1}$ exige qu'elle contienne une infinité de termes pour lesquels $\omega_n < (1+\varepsilon)^n$ et qui forment une série divergente. *Pour ces termes*, $\omega_n^{\frac{h}{n}}$ est borné, ce qui entraîne la divergence de la série étudiée.

Il est à remarquer que $\sqrt[n]{\omega_n}$ peut fort bien ne pas rester *borné quel que soit n* : ainsi soit une suite croissante de nombres $x_1, \ldots, x_p, \ldots$ tels que $L\frac{x_{p+1}}{x_p} = p^{x_p}$, et posons $g(x) = p^{\frac{x_p}{x}}$ pour $x_p \leqq x < x_{p+1}$ et $\omega_n = [g(n)]^n$. La série S diverge, bien que $\sqrt[n]{\omega_n}$ ne reste pas borné.

Il convient d'observer enfin que les dérivées successives ne sont pas nécessairement régulières.

k étant arbitraire et les A donnés. Nous dirons encore que la classe de fonctions ainsi définie est quasi analytique si deux fonctions de cette classe qui coïncident en un point de D, ainsi que toutes leurs dérivées, sont identiques dans D. Il faut et il suffit pour cela que toutes les séries de la forme

$$\sum_{n_i} A_{n_1, \ldots, n_i, \ldots, n_p}^{-\frac{1}{n_i}}$$

admettent une plus petite majorante non croissante qui soit divergente [1]: on le voit aisément par cheminement sur des segments parallèles aux axes.

Nous appellerons *fonctions quasi analytiques régulières de p variables*, ou fonctions Q_r de type $[\Omega]$, celles pour lesquelles la série $\Sigma(n\Omega_n)^{-1}$ diverge, Ω_n étant le maximum de $\frac{1}{q}\left|\frac{\partial^{n_1+\ldots+n_p} f}{\partial x_1^{n_1}\ldots\partial x_p^{n_p}}\right|^{\frac{1}{q+\alpha}}$ pour tous les points de D et toutes les valeurs de $n_1, \ldots, n_p$ telles que $n_1+\ldots+n_p = q \leqq n$. De telles fonctions sont bien quasi analytiques, ainsi que toutes leurs dérivées.

4. Cela posé, les méthodes que nous avons employées dans un Mémoire antérieur (*Annales de l'École Normale*, 1918) permettent d'établir les résultats suivants :

A. Soient $u_1, \ldots, u_q$ des fonctions Q_r de p variables et de même classe dans un domaine D, où elles prennent des valeurs constituant un champ de variation dans lequel $\Phi(u_1, \ldots, u_q)$ est également une fonction Q_r de la même classe : *la fonction composée Φ est quasi analytique dans* D.

B. Soient q fonctions implicites u_h des x_i définies par $F_k(x_i, u_h) = 0$, avec $h, k = 1, \ldots, q$ et $i = 1, \ldots, p$, les F_k étant des fonctions Q_r de même classe en (x_i, u_h) : *les fonctions u_h sont quasi analytiques par rapport aux x_i.*

C. Soit un système d'équations différentielles $F_k[x, y_h^{(i)}] = 0$, avec $h, k = 1, \ldots, q$ et $i = 1, \ldots, n$: si les F_k sont, dans un domaine D, des fonctions Q_r de même classe par rapport à tous leurs arguments, *tout système de solutions appartenant à* D *se compose de fonctions quasi analytiques.*

Dans ces énoncés, nous considérons comme étant de la même classe deux fonctions de type $[\omega]$ et $[\Omega]$ tels que $\frac{\omega_n}{\Omega_n}$ reste borné. Enfin les théorèmes B et C supposent les déterminants fonctionnels des F_k par rapport aux u_h ou aux $y_h^{(n)}$ différents de zéro.

---

(1) Il pourra suffire, suivant les cas, d'envisager seulement certaines de ces séries.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions presque périodiques.* Note [1] de M. HARALD BOHR, présentée par M. Hadamard.

Soient $f(x) = u(x) + iv(x)$ une fonction complexe de la variable réelle x continue dans l'intervalle $-\infty < x < \infty$, et ε une quantité positive. Le nombre réel $\tau = \tau(f, \varepsilon)$ sera une *presque période* appartenant à la fonction $f(x)$ et au nombre ε, si, pour x quelconque, on a l'inégalité

$$|f(x+\tau) - f(x)| < \varepsilon.$$

DÉFINITION. — *La fonction $f(x)$ est dite* PRESQUE PÉRIODIQUE, *si à tout ε correspond une longueur $L = L(\varepsilon)$ telle que tout intervalle $\alpha < x < \beta$ de longueur L contienne au moins une presque période $\tau = \tau(f, \varepsilon)$.*

Alors on a les théorèmes suivants :

I. *La somme et le produit de deux fonctions presque périodiques sont elles-mêmes des fonctions presque périodiques.*

Telle est, en particulier, la somme (ou le produit) d'un nombre fini de fonctions périodiques; ce corollaire a un rapport intime avec un théorème de M. Wennberg [2] sur les approximations diophantiques.

II. *La limite $F(x) = \lim f_n(x)$ d'une suite de fonctions presque périodiques uniformément convergente dans l'intervalle $-\infty < x < \infty$ est elle-même une fonction presque périodique.*

Par conséquent, la somme d'une série $\sum_1^\infty a_n e^{i\lambda_n x}$ uniformément convergente est presque périodique.

III. *Toute fonction presque périodique $f(x)$ a une « valeur moyenne », c'est-à-dire l'expression*

$$\frac{1}{T}\int_0^T f(x)\,dx$$

ou plus généralement

$$\frac{1}{T}\int_\alpha^{\alpha+T} f(x)\,dx,$$

où α dépend d'une manière arbitraire de T, admet pour $T \to \infty$ une valeur limite, que nous désignons par $M\{f(x)\}$.

---

(1) Séance du 15 octobre 1923.

(2) Voir la thèse de M. WENNBERG (*Zur Theorie der Dirichletschen Reihen*, Upsala, 1920).

Cela posé, nous considérons, pour une valeur arbitraire du nombre réel λ, le produit $f(x)e^{-i\lambda x} = g(x)$. En vertu du théorème I, la fonction $g(x)$ est presque périodique, et en vertu du théorème III elle possède une valeur moyenne

$$M\{f(x)e^{-i\lambda x}\} = \lim \frac{1}{T}\int_0^T f(x)e^{-i\lambda x}\,dx,$$

que nous désignons par $a(\lambda)$.

IV. *Soient* $\lambda_1, \ldots, \lambda_N$ *des valeurs réelles différentes entre elles et* $b(\lambda_1), \ldots, b(\lambda_N)$ *des constantes arbitraires. Nous aurons la formule*

$$(1) \qquad M\left\{\left|f(x) - \sum_1^N b(\lambda_n)e^{i\lambda_n x}\right|^2\right\} = M\{|f(x)|^2\} - \sum_1^N |a(\lambda_n)|^2 + \sum_1^N |a(\lambda_n) - b(\lambda_n)|^2.$$

Pour le choix spécial

$$b(\lambda_n) = a(\lambda_n) \qquad (n = 1, \ldots, N),$$

nous aurons la formule

$$(2) \qquad M\left\{\left|f(x) - \sum_1^N a(\lambda_n)e^{i\lambda_n x}\right|^2\right\} = M\{|f(x)|^2\} - \sum_1^N |a(\lambda_n)|^2.$$

De ce que le second membre est positif quels que soient $\lambda_1, \ldots, \lambda_N$, s'ensuit le théorème suivant :

V. *Il existe seulement un nombre* DÉNOMBRABLE *(ou fini) de nombres* λ *pour lesquels* $a(\lambda) \neq 0$. *Nous les désignerons par* Λ_n *et les coefficients correspondant à* (Λ_n) *par* A_n, *et nous écrirons*

$$f(x) \sim \Sigma A_n e^{i\Lambda_n x}.$$

De la formule (1) on conclut immédiatement que si l'on veut approximer la fonction presque périodique $f(x)$ par une expression de la forme

$$\sum_1^N b(\lambda_n)e^{i\lambda_n x},$$

on doit choisir les λ_n parmi les Λ_n, et

$$b(\Lambda_n) = a(\Lambda_n) = A_n.$$

Par une analyse approfondie et assez difficile on démontre le théorème suivant :

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *La série $\Sigma|A_n|^2$ qui, en vertu de l'inégalité* (3), *converge vers un nombre inférieur ou égal à* $M\{|f(x)|^2\}$, *est toujours* ÉGALE *à* $M\{|f(x)|^2\}$.

Il s'ensuit les corollaires suivants :

THÉORÈME D'UNICITÉ. — *Une fonction $f(x)$ satisfaisant à la condition $a(\lambda) = 0$ pour tous les λ est identiquement nulle* (car on a $M\{|f(x)|^2\} = 0$ et, $f(x)$ étant presque périodique, cela entraîne $f(x) = 0$); en d'autres mots : *Deux fonctions qui correspondent au même développement $\Sigma A_n e^{i\Lambda_n x}$ sont identiques, de sorte qu'une fonction presque périodique est déterminée sans congruence par ses oscillations périodiques.*

THÉORÈME D'APPROXIMATION. — *Toute fonction presque périodique peut être approximée avec une précision arbitrairement grande par une somme d'oscillations périodiques; on a*

$$M\left\{\left|f(x) - \sum_1^N A_n e^{i\Lambda_n x}\right|^2\right\} = M\{|f(x)|^2\} - \sum_1^N |A_n|^2 \to 0 \quad \text{pour } N \to \infty,$$

de sorte que la série $\Sigma A_n e^{i\Lambda_n x}$ converge en moyenne vers la somme $f(x)$.

On ne peut conclure de là que la série $\Sigma A_n e^{i\Lambda_n x}$ soit convergente au sens ordinaire du mot; en effet, il existe bien des fonctions continues purement périodiques, dont les séries de Fourier ne sont pas convergentes pour toutes les valeurs de x. Néanmoins on peut démontrer que *si les exposants Λ_n d'une fonction presque périodique $f(x) \sim \Sigma A_n e^{i\Lambda_n x}$ sont* LINÉAIREMENT INDÉPENDANTS, *la série $\Sigma|A_n|$ (et pas seulement la série $\Sigma|A_n|^2$) est convergente, de sorte que en ce cas la série $\Sigma A_n e^{i\Lambda_n x}$ converge uniformément vers la somme $f(x)$.*

Pour $\lambda_n = nk (n = 0, \pm 1, \ldots)$, on a le cas très particulier des fonctions rigoureusement périodiques; pour $\lambda_n = n_1 k_1 + \ldots + n_p k_p$, les fonctions quasi périodiques de MM. Bohl et Esclangon [1].

La théorie esquissée a des applications importantes à la théorie des séries de Dirichlet, laquelle m'a servi de point de départ. Un Mémoire sur ce sujet est en préparation.

---

[1] Voir surtout les thèses de M. BOHL (*Darstellung von Funktionen einer Variablen durch trigonometrische Reihen*, etc., Dorpat, 1893) et de M. ESCLANGON (*Les fonctions quasi périodiques*, Paris, 1904) ainsi que les Mémoires de M. BOHL dans le *Bull. Soc. math. de France*, t. 38, 1910, p. 5-144 et dans le *Journ. für Math.*, t. 131, 1906, p. 268-321.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de Picard-Borel.*
Note de M. G. VALIRON, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente (¹), M. Milloux a énoncé un théorème très général sur la distribution des zéros des fonctions $\varphi(z) - a$, $\varphi(z)$ étant une fonction méromorphe admettant une valeur asymptotique. En se reportant aux notations de M. Milloux on voit de suite qu'on peut se donner *à l'avance* une suite de cercles $C(r_p)$ tels que la série $\sum \frac{1}{A(r_p)}$ soit convergente. La fonction $\varphi(z)$ prend donc *toute valeur a dans chacun des cercles de cette suite* dont le rang est assez grand $[p > p(a)]$, *sauf peut-être pour les valeurs a appartenant à un ensemble de mesure nulle.* Par exemple, dans le cas d'une fonction entière restant bornée sur un chemin s'éloignant indéfiniment, on pourra prendre $r_p = e^{\sqrt{p}}$ et le nombre des zéros ainsi décelés dans le cercle $|z| \leqq r$ restera supérieur, à partir d'une valeur de r, à $\alpha(\log r)^2$, α étant indépendant de a. Les considérations que j'ai développées dans deux Notes des *Rendiconti del Circolo di Palermo* (t. 43 et 44) montrent d'ailleurs que l'ensemble des valeurs de a pour lesquelles cette dernière propriété n'a pas lieu, peut admettre tout point du plan des a pour point de condensation.

Ces résultats de M. Milloux m'ont conduit à compléter d'une manière analogue ceux que j'ai énoncés dans une Note précédente (²) et démontrés dans un Mémoire des *Annales de l'École Normale* (1922). En se limitant ici pour simplifier au cas de l'ordre fini, on arrive à la proposition suivante :

Si $f(z)$ est une fonction entière d'ordre fini, $n(x, a)$ le nombre des zéros de $f(z) - a$ dont le module est au plus égal à x, à tout nombre donné k supérieur à 1 on peut faire correspondre un nombre positif H tel que l'inégalité

$$\int_0^r n(x, a)\frac{dx}{x} > \mathrm{H} \log \mathrm{M}\left(\frac{r}{k}\right) \tag{1}$$

soit vérifiée à partir d'une valeur $r(a)$ de r, sauf peut-être pour des valeurs a formant dans le plan des a un ensemble de mesure nulle.

$\mathrm{M}(r)$ désigne le maximum du module de $f(z)$ pour $|z| = r$. L'ensemble des valeurs a qui peuvent être anormales [les valeurs normales étant celles

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1535.
(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 688.

pour lesquelles l'inégalité (1) est vérifiée] est l'ensemble des points intérieurs à une infinité de cercles d'une suite $C_1, C_2, \ldots, C_p, \ldots$, ces cercles étant tels que ρ_p désignant le rayon de C_p, la série $\Sigma\rho_p^\alpha$ converge si petit que soit le nombre positif α. L'ordre asymptotique de cet ensemble est limité par une fonction de $M(r)$.

En comparant l'inégalité (1) à l'inégalité de M. Jensen, on voit quel est le degré du résultat obtenu.

Cette proposition générale renferme comme cas particulier les résultats qui avaient été donnés par M. Sire et par moi-même dans le cas des fonctions d'ordre entier à croissance régulière ou à correspondance régulière. On sait que, pour de telles fonctions, l'ensemble des valeurs anormales peut effectivement admettre pour point de condensation tous les points du plan des a.

L'inégalité (1) donne seulement un renseignement relatif aux modules des zéros, mais les importants résultats de M. Nevanlinna [1] qui renseignent sur les modules des zéros appartenant à un angle convenablement choisi, pourront être complétés de la même manière.

MÉCANIQUE. — *Synchronisation de mouvements circulaires.* Note [2] de M. **A. Guillet**, présentée par M. Appell.

On sait l'intérêt que présente, au point de vue de la distribution d'opérations conjuguées, la synchronisation rigoureuse et permanente de deux mouvements circulaires. La solution suivante de ce problème m'a paru utile à signaler.

L'organe *moteur* et *régulateur* de l'appareil employé à la répétition périodique et simultanée, en divers lieux, d'une suite déterminée d'opérations est un *électro-diapason* mettant en jeu des forces de flexion, des énergies et des fréquences considérables par rapport à celles qui interviennent dans le fonctionnement du pendule et du chronomètre.

Des pattes cylindriques, constituées par des ressorts à boudins très rigides, à spires jointives, sont portées par de petites équerres fixées aux extrémités des branches du diapason; ces pattes sont disposées en prolongement l'une de l'autre dans le plan de symétrie du diapason normal au plan d'oscillation de ses branches.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 389.

(2) Séance du 15 octobre 1923.

Deux roues, munies d'une denture spéciale, et montées sur un même axe parallèle aux pattes et au même niveau qu'elles, reçoivent de celles-ci une action tout à la fois motrice et régulatrice. Il est facile de trouver le profil à donner à la denture pour que le mouvement de rotation soit uniforme. C'est, en effet, le profil intérieur de la bande ondulée que tracerait la patte sur la roue, supposée animée d'un mouvement circulaire uniforme, au cours des oscillations du diapason. Si le centre de la section de la patte décrivait harmoniquement une droite fixe passant par l'axe de rotation, l'équation de cette bande ondulée, par rapport à deux axes rectangulaires ayant le centre du disque pour origine, serait :

$$x = a \pm c \frac{kr'_\theta \sin\beta + r\cos\beta}{\sqrt{k^2 r'^2_\theta + r^2}}; \qquad y = b \mp c \frac{kr'_\theta \cos\beta - r\sin\beta}{\sqrt{k^2 r'^2_\theta + r^2}};$$

a, b sont les coordonnées actuelles du centre de la section de la patte, c son rayon, r la distance de ce centre au centre du disque, β l'azimut de la roue et $\theta = k\beta$ la phase de vibration de la branche considérée.

Si d est la valeur de la distance r, relative à la position d'équilibre du diapason et f l'amplitude de la vibration, on a

$$r = d + f\sin\theta. \tag{3}$$

L'outillage permettant de réaliser les deux rotations conjuguées β et θ ainsi que le mouvement (3) est d'une construction rapide et sert au tracé automatique des dents. Comme les mouvements des deux branches ont des vitesses de signes contraires, l'une des pattes s'engage dans la denture qui lui correspond, pendant que l'autre patte se dégage de la sienne; leur ensemble constitue, par suite, une sorte d'ancre glissant sur le profil sans jamais échapper : d'où la continuité et l'uniformité du mouvement de rotation.

La vitesse angulaire de ce mouvement a pour mesure $\omega = 2\pi \frac{N}{k}$, N étant la fréquence du vibrateur et k le nombre des dents de chaque roue.

Le mouvement du diapason peut être entretenu par un contact placé sous sa dépendance; pourtant, dans l'un des types construits, et afin d'éviter les réactions accidentelles de la roue sur le diapason, celui-ci reçoit le courant d'entretien d'un *diapason synchronisant* sur lequel il est accordé en marche normale par enregistrement, battements, ou encore par pointé stroboscopique.

Pour que les émissions de courant se reproduisent dans des conditions

invariables, sans précautions spéciales, il convient aussi de substituer au contact solide un contact à mercure fonctionnant dans le vide, l'hydrogène, ou encore le gaz d'éclairage [1] installé partout.

Le diapason synchronisant est enfermé dans une boîte, de dimensions aussi réduites que possible, en relation avec la canalisation de gaz d'éclairage. Le pôle mobile du contact est constitué par une tige de métal portée par l'extrémité de l'une des branches du diapason et le pôle fixe par du mercure contenu dans un large godet qu'une vis extérieure permet d'élever ou d'abaisser [2]. Le godet est fermé par un couvercle (à fonds multiples pour retenir la vapeur de mercure) percé en son centre d'un orifice étroit destiné à livrer passage à la tige de cuivre. Ce contact, si on le veut, peut servir tout à la fois à l'entretien du diapason synchronisant et des diapasons conduisant les moteurs chronométriques simultanément synchronisés. Il suffit pour cela de monter en série les accumulateurs et le contact, et de disposer en dérivation sur ce groupement les différents circuits à alimenter; des rhéostats et des ampèremètres, intercalés dans les circuits, permettent de donner aux divers courants l'intensité qui leur convient. En opérant ainsi, on peut être assuré d'une marche régulière et sans arrêt, le contact restant froid et longtemps propre. Avec une pointe de fer à âme de cuivre, on évite les difficultés de mise en marche qui tiennent à ce que le mercure mouille le cuivre.

Pour l'accrochage initial du diapason et de la roue, il est nécessaire de donner à celle-ci un mouvement de rotation, soit à la main, soit à l'aide d'un petit moteur auxiliaire.

La *succession d'opérations déterminées* est réalisée dans chaque appareil à l'aide d'organes, les uns solidaires de la roue H, les autres solidaires d'une pièce G indépendante du moteur, pouvant recevoir dans l'espace telle position que l'on désire. Pour amener les pièces G_1, G_2, dans une position identique par rapport à H_1, H_2, il suffit d'utiliser une ligne qui n'est fermée qu'un instant très court au moment où la rotation progressive imprimée à G_2 amène cette pièce dans la position qu'elle doit occuper; les tops qui apparaissent au téléphone font connaître que le réglage est obtenu. Dès lors, le synchronisme des opérations correspondantes, imposées par l'application que l'on a en vue, est établi.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 464, et *Société française de Physique*, avril 1914.

(2) Le plus souvent un godet à deux tubulures s'ouvrant dans sa partie supérieure et fermé par une membrane de caoutchouc suffit.

Si les postes sont indépendants, il est encore possible d'obtenir un synchronisme durable des mouvements qui y sont entretenus. Mais il faut pour cela que l'on soit autorisé à envoyer à l'un des postes A, par la ligne d'exploitation, ou autrement, les tops produits à chaque tour par l'appareil de l'autre poste B. En agissant alors sur le diapason synchronisant du poste A, ou ce qui est plus facile sur la pièce G, de façon à maintenir la simultanéité des tops des deux appareils, on assurera le synchronisme des opérations en A et B.

PHYSIQUE. — *Sur une méthode de mesure absolue de la vitesse d'un courant d'air.* Note de M. **Huguenard**, présentée par M. Brillouin.

Lorsqu'une étincelle électrique rectiligne éclate dans l'air, la perturbation produite se dédouble rapidement en deux parties principales : d'une part, une onde sonore qui a la forme d'une surface de révolution dont l'axe coïncide avec l'étincelle et dont le rayon croît avec une vitesse égale ou supérieure à la vitesse du son; d'autre part, un petit nuage d'air chaud qui se diffuse beaucoup plus lentement dans l'atmosphère.

La perturbation peut aisément être rendue visible quand on l'éclaire par une seconde étincelle électrique placée sur l'axe de la première. Il suffit d'observer l'ombre portée sur un écran perpendiculaire à cet axe [1]. La seule difficulté réside dans le réglage de l'intervalle de temps qui sépare les deux étincelles.

Si le phénomène se produit dans un courant d'air, la perturbation est entraînée, et l'observation de son déplacement permet l'étude du mouvement de l'air : si la vitesse du courant est très faible, de quelques centimètres à quelques mètres par seconde, l'observation des nuages d'air chaud de quelques étincelles espacées régulièrement de 1 ou 2 secondes donne de bons résultats; si la vitesse s'élève à quelques dizaines de mètres par seconde, il faut employer des étincelles beaucoup plus fréquentes pour voir simultanément plusieurs images d'air chaud. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser la photographie de l'onde sonore. La mesure du temps qui sépare les deux étincelles, jointe à celle du décentrement de l'onde par rapport à l'éclateur qui a produit l'étincelle sonore, permet d'évaluer la vitesse du courant d'air. La netteté de l'image de l'onde est très favorable à la préci-

[1] A. Foley et W. Souder, *Physical Review*, 1912, p. 373.

sion de la mesure. Ce procédé peut encore s'appliquer quand la vitesse atteint plusieurs centaines de mètres à la seconde; il ne suppose connues ni la température du gaz en mouvement, ni sa pression, ni la vitesse du son, et permet d'effectuer directement le tarage de tous les appareils destinés à mesurer les vitesses des courants gazeux, qu'il s'agisse de vitesses très faibles, pour lesquelles l'évaluation de la dépression est toujours délicate, ou de vitesses très grandes qui rendent impossible un tarage sur un véhicule mobile à la surface du sol.

Le dispositif expérimental employé (*fig.* 1) est une modification de celui

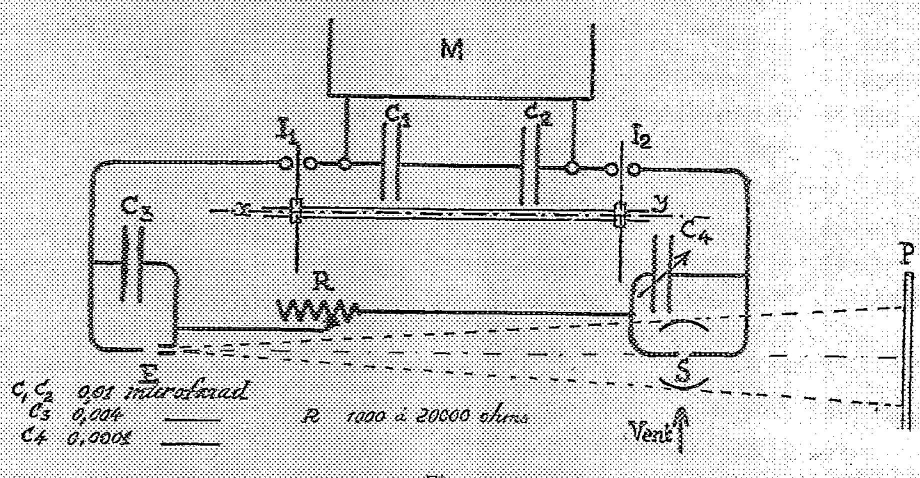


Fig. 1.

de Foley et Souder. Une batterie de condensateurs C_1, C_2, alimentée par une machine électrostatique M est déchargée à l'aide d'un interrupteur $I_1 I_2$ toutes les deux secondes dans un circuit comprenant un éclateur S producteur d'ondes sonores, une résistance liquide réglable R et un éclateur E qui forme une source lumineuse quasi ponctuelle. Deux condensateurs inégaux C_3 et C_4 sont placés en dérivation sur chacun des éclateurs. La lumière de l'éclateur E tombe sur la plaque P, après avoir rencontré une onde sonore provoquée, un instant plus tôt, par une étincelle jaillie de S.

La figure 3 représente une photographie obtenue en air calme par ce procédé. L'onde sonore a un diamètre un peu supérieur à 7^{cm}. Au centre, la tige verticale qui porte les électrodes de l'éclateur est entourée, à son extrémité supérieure, d'un léger halo et d'un cercle noir qui fait paraître renflée cette extrémité et qui est dû à l'air chaud fourni par l'étincelle S. La figure 2 montre une photographie obtenue dans des conditions voisines des précédentes, à l'aide d'un vent de 15^{m} à la seconde. Le retard de l'étin-

celle E sur l'étincelle S a été rendu deux à trois fois plus grand pour laisser au courant d'air un temps suffisant pour décentrer le nuage d'air chaud et le rendre visible à droite de l'électrode. Ce nuage se présente sous forme d'un cercle noir à bords blancs. Il a été entouré d'un cercle en trait inter-

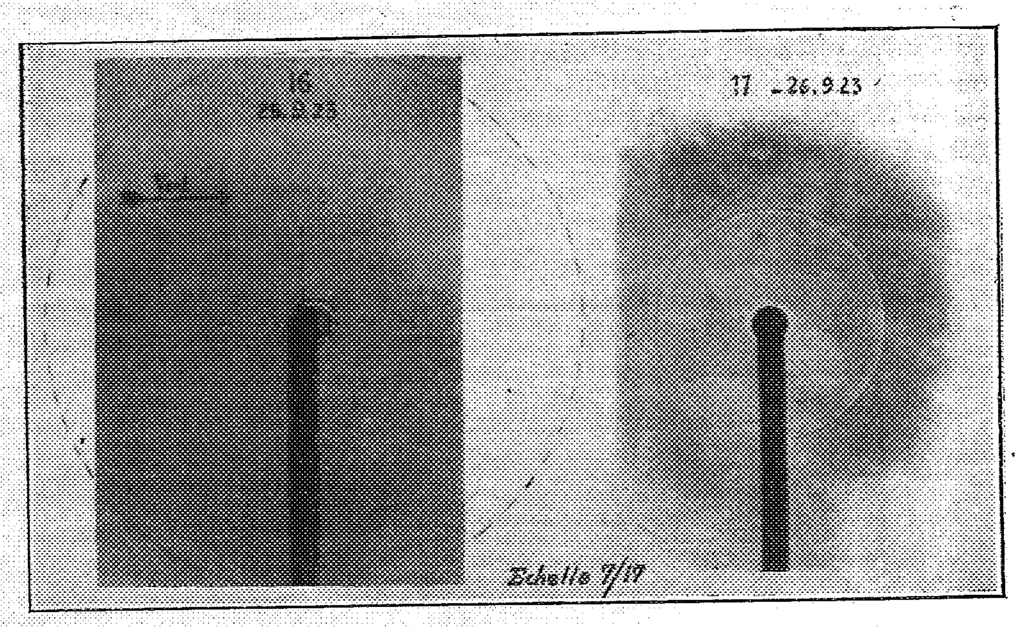


Fig. 2. Fig. 3.

rompu. L'onde sonore, trop grande pour tenir complètement dans la plaque photographique employée ($13^{cm} \times 18^{cm}$), a été complétée en trait interrompu.

Je poursuis l'application de la méthode à la détermination, au même instant, des vitesses en divers points d'un courant d'air permanent, et aussi à l'étude de la variation, en fonction du temps, de la vitesse en un même point du courant d'air.

HYDRODYNAMIQUE. — *Observations sur la Note « Circulation superficielle » de M. P. Noaillon.* Note de M. **Marius Pascal**, présentée par M. Hadamard.

M. Noaillon a bien voulu, dans une récente Note [1], s'occuper de mes recherches sur la Circulation superficielle, mais il a envisagé seulement un

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1057.

cas particulier du théorème général que j'ai démontré, cas particulier où la circulation superficielle est toujours nulle : ce qui n'a pas lieu dans le cas général.

Dans mon Mémoire *Circulazione superficiale* (¹), dont les trois Notes du même titre parues dans les *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei* (vol. 29, 1920; vol. 30, 1921) sont un très court résumé, j'ai établi le théorème : « *Lorsqu'un courant fluide, dont la vitesse à l'infini est* V_0 (*dans la direction de l'axe des x*), *rencontre un corps solide, la résultante des pressions exercées par le fluide sur la surface du solide est parallèle au plan des yz. Ses composantes, suivant les axes des y et des z sont respectivement égales au produit de la densité du fluide par la vitesse à l'infini et par les composantes suivant les axes des z et des y du vecteur* C (*circulation superficielle*) *calculé pour une surface fermée enveloppant le corps solide.* »

Dans cet énoncé, extension au cas de l'espace du théorème bien connu de M. Joukowski, on suppose que les vitesses du fluide peuvent dépendre d'une fonction potentielle avec singularités à l'intérieur de la surface du solide : *en ce cas, la circulation superficielle n'est pas, en général, nulle.*

J'en ai donné un exemple dans mon Mémoire.

Le théorème que M. Noaillon m'a attribué, et que M. Cisotti avait, il y a longtemps, envisagé dans des travaux qui ne m'ont pas échappé et sont cités dans mon Mémoire, et dans sa *Remarque sur la Note « Circulation superficielle » de M. P. Noaillon* (²), est, comme je l'ai dit, un cas particulier de mon théorème : on peut l'en déduire en introduisant l'hypothèse d'un courant avec vitesse constante. Le potentiel des vitesses est alors une fonction uniforme, sans singularités : c'est alors que la circulation superficielle est nulle. Cette propriété de la circulation superficielle d'être nulle toutes les fois que le potentiel des vitesses est uniforme est démontrée dans mon Mémoire : la Note de M. Noaillon en établit une nouvelle remarquable démonstration.

AVIATION. — *Sur la structure des vents du large et leur utilisation pour le vol à voile.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans une Note précédente (³), nous avons exposé les résultats de nos recherches en Afrique sur la cause du vol à voile des vautours de cette

(¹) *Giornale di matematiche di Battaglini*, Napoli, v. 59, 1921.
(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1209.
(³) *Comptes rendus* du 2 février 1920.

région et nous avons conclu à l'utilisation par ces oiseaux de courants ascendants dus à des effets thermiques.

Or, au milieu de l'océan et dans les régions froides, on assiste également à des vols sans battements; il était donc intéressant d'étudier la structure des vents du large et les sources d'énergie que pourraient y utiliser les oiseaux.

Les oscillations d'un navire ne permettant pas de l'utiliser comme lieu d'expériences, il fallait trouver un endroit stable où le vent arrive sans avoir effleuré, même de loin, aucun obstacle et où la grande houle du large, qui peut réagir sur le vent, arrive sans être déformée. Ces conditions sur nos côtes ne paraissent guère remplies qu'au phare de la Jument d'Ouessant, construit sur une sorte de pic sous-marin, et dont la tour émerge seule en plein océan, loin de tout brisant.

Une étude préalable à la soufflerie d'une maquette du phare avait permis de délimiter les zones de l'air perturbées par la masse de la tour : les appareils d'observation en étaient largement écartés, soit au moyen d'un mât de 12^m orientable, soit au moyen d'un câble mouillé à 200^m du phare.

Les appareils employés se composaient d'une girouette Constantin à transmission électrique, de tubes de Venturi reliés à des manomètres enregistreurs, d'un appareil Badin, enfin d'un ensemble de banderolles extralégères, spécialement étudiées par nous et qui permettaient, par l'emploi de la cinématographie, de déceler des variations d'inclinaison et de direction du vent de très faible durée, même d'un centième de seconde.

Les premières expériences faites cet automne jusqu'à 40^m au-dessus de la mer nous ont amené aux conclusions suivantes :

En ce qui concerne les variations de vitesse, elles sont en règle générale inférieures à ce qu'elles sont à terre dans les mêmes circonstances, autrement dit le vent du large est plus régulier que le vent de terre.

Quant aux variations d'inclinaison sur l'horizontale, elles sont de deux sortes :

1° Des variations ne présentant aucune périodicité, mais assez fréquemment en relation directe avec les variations rapides de vitesse du vent (descendance du vent quand la vitesse augmente et ascendance quand elle diminue). Leur durée est de l'ordre de quelques secondes, en général, mais dans certains cas ne dépasse pas une fraction de seconde. Les zones d'ascendance et de descendance, ainsi créées, paraissent avoir une structure analogue à celle des courants thermiques (dérivant des tourbillons de Besnard dans le cas d'un liquide en mouvement), étudiés dans la Note du 5 juillet 1920. 'ascendance du vent est ici beaucoup moindre, elle augmente toutefois

avec la vitesse; on peut conclure de l'examen de nos diagrammes que, dans nos expériences, elle atteignait pendant $\frac{1}{5}$ du temps, une valeur de $0^m,25$ par seconde pour un vent moyen de 7^m, de $0^m,43$ pour un vent de 12^m et de $0^m,51$ pour 17^m.

2° Des variations ayant la périodicité de la houle et en relation directe avec elle. Elles sont fonction de la différence de vitesse entre le vent et la houle, et d'autant plus prononcées que cette différence est plus considérable. Dans certains cas, nous avons trouvé, à 8^m au-dessus de la mer, des zones d'ascendance accompagnant la houle et dépassant 2^m par seconde; elles se faisaient encore sentir à plus de 15^m au-dessus de la mer.

Au point de vue du vol des oiseaux, les irrégularités d'inclinaison de courte durée qui pouvaient faire espérer un effet Katzmayr (1) appréciable sont trop peu fréquentes pour produire un semblable effet de façon sensible.

Quant aux variations de plus longue durée (plusieurs secondes), il semble que les zones ascendantes pourraient, par vent fort, être utilisées par certains oiseaux, mais nous n'avons jamais constaté ce fait, du moins jusqu'à présent. Pendant les cinq semaines de notre séjour au phare, tous les cas de vol à voile auxquels nous avons assisté étaient dus à l'utilisation par les oiseaux des variations d'incidence en relation avec la houle.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Évolution de la trajectoire d'un astre dans un milieu résistant.* Note de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. Appell.

Ce problème peut être résolu complètement dans le cas où la résistance au mouvement est due à la rencontre de particules du milieu immobiles, la densité étant inverse du carré de la distance. Cette loi de densité est d'ailleurs celle que l'on retrouve dans le voisinage d'un astre en formation (2). La conservation des quantités de mouvement montre alors que la résistance résultante est proportionnelle au carré de la vitesse et inverse du carré de la distance.

La conservation du moment des quantités de mouvement donne la relation générale, entre la masse croissante de l'astre et les éléments de la

(1) Effet permettant d'obtenir une composante propulsive de la résistance de l'air dans le cas d'une aile placée dans un courant d'air présentant de rapides variations d'inclinaison.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 40.

conique

$$(1)\qquad m^2 p\mu = \text{const.}, \qquad \text{ou} \qquad m^2 a(1-e^2) = m^2 \rho(1+e) = \text{const.};$$

ρ est la distance périhélie. La seconde formule suppose que μ, ou la masse de l'astre central, reste constante. Sa variation ne ferait que modifier p en sens inverse. Mais on voit qu'en négligeant la variation de la masse m de l'astre mobile on enlèverait toute signification pratique au problème mathématique de l'évolution de la trajectoire.

J'ai trouvé que la diminution d'excentricité Δe, pendant une révolution, peut s'exprimer très simplement en fonction de l'excentricité e et de l'accroissement Δm de la masse. On trouve, de plus, ce résultat intéressant, que cette variation relative est très sensiblement la même pour deux orbites extrêmes, voisines du cercle ou de la parabole, et pour toutes les orbites intermédiaires. On peut écrire

$$(2)\qquad \Delta e = -3\alpha e \frac{\Delta m}{m}, \qquad \frac{8}{9} < \alpha < 1;$$

α ne varie que de $\frac{1}{9}$. Il est fonction décroissante de e^2 et pourrait même s'écrire très exactement $1 - \frac{1}{9}e^2$.

Nous pouvons considérer alors la variation comme continue, car Δe est supposé assez faible; écrire de et dm et intégrer de e_1 à e. On obtient immédiatement, en tenant compte de (1), l'expression du grand axe a, du paramètre p et de la masse m en fonction de l'excentricité e (α' est la valeur moyenne de α),

$$(3)\qquad \frac{p}{p_1} = \frac{a(1-e^2)}{p_1} = \frac{m_1^2}{m^2} = \left(\frac{e}{e_1}\right)^{\frac{2}{3\alpha}}, \qquad \frac{8}{9} < \alpha < \alpha' < 1.$$

Le calcul montre que la masse sera comprise entre 1,20 et 1,30 de sa valeur primitive quand l'excentricité sera réduite à 0,5. Elle sera comprise entre 2,16 et 2,37 pour $e = 0,1$. L'excentricité sera d'autant plus faible que la masse se sera accrue davantage. On sait que celle de Jupiter est très faible.

Le grand axe se réduit à une valeur comprise entre 0,79 et 0,84 du paramètre p_1 pour $e = 0,5$ et entre 0,22 et 0,26 pour $e = 0,1$. Pour avoir un grand axe égal à 6,5 qui est le rayon de giration moyen du système planétaire, il suffira que le paramètre primitif ait été compris entre 14 et 17 pour donner une excentricité de 0,1. La distance du périhélie serait toujours décroissante.

J'ai calculé de même l'augmentation de masse pour une révolution entière. Cette augmentation reste aussi sensiblement la même pour deux orbites extrêmes, ayant même paramètre p. Elle varie à peine du qnart. Elle est croissante avec e. On peut écrire

$$\Delta_m = \frac{2\pi S D_1 r_1^2}{p}\beta \qquad \left(1 < \beta < \frac{4}{\pi}\right). \tag{4}$$

D_1 est la densité du milieu à la distance r_1 et S la section droite de l'astre, qui variera proportionnellement au carré du rayon.

En considérant de même ici la variation comme continue, on peut exprimer $dm = \Delta m dn$ en fonction du moyen mouvement. En faisant apparaître $m^2 p$ constant et intégrant, on obtient

$$\left(\frac{m_1}{m}\right)^{\frac{5}{3}} = 1 - \frac{5}{3}\beta' kn \qquad \left(k = \frac{2\pi S_1 D_1 r_1^2}{m_1 p_1}\right), \tag{5}$$

β' est la valeur moyenne de β, comprise entre $\frac{4}{\pi}$ et 1, et n est le nombre de révolutions écoulées pour accroître la masse de m_1 à m. Ce nombre serait toujours fini pour $m = \infty$ et le mouvement serait terminé. D'après (2) le nombre k est égal à $\frac{3}{8}(1 - e_0)$ en désignant par e_0 l'excentricité acquise par une orbite parabolique, à son premier passage dans le milieu. Cette excentricité e_0 à l'origine peut ainsi servir à définir le coefficient de résistance du milieu.

La différentielle de temps moyen $k\,dt = a\sqrt{a}\,dn$ peut finalement s'exprimer en fonction de e au moyen des formules ci-dessus,

$$dt = \frac{8}{9}\frac{4}{\pi}\frac{p_1\sqrt{p_1}}{1 - e_0}\frac{1}{\alpha\beta e_1}\left(\frac{e}{e_1}\right)^{\gamma}\frac{de}{(1 - e^2)^{\frac{3}{2}}} \qquad \left(\frac{5}{9} < \gamma < \frac{3}{4}\right). \tag{6}$$

On peut intégrer facilement pour des valeurs de e voisines de 0 et de 1 et calculer le temps par intervalles fractionnés entre ces deux valeurs. Le temps nécessaire pour abaisser l'excentricité de 0,999 à 0,9 est 20 fois plus grand que pour l'abaisser de 0,1 à 0. En admettant que la variation d'excentricité au premier passage ait été de 0,01, ou $e_0 = 0,99$, avec un paramètre p_1 compris entre 14 et 17, on trouve qu'il a fallu de 80000 à 160000 ans pour ramener le grand axe à la valeur 6,5 rayon moyen de giration du système planétaire. Il aurait fallu de 350000 à 800000 ans si la première variation de l'excentricité avait été réduite à 0,001 seulement.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les prolongements analytiques du problème restreint*. Note [1] de M. **W. W. Heinrich**, présentée par M. H. Andoyer.

Dans la présente Note, je vais étendre le domaine des solutions périodiques de bifurcation (*Bull. astr.*, 2e série, t. 2, fasc. 7) trouvées au voisinage des solutions à période courte de la deuxième sorte au cas du voisinage de celles de la première sorte.

Poincaré démontre (*Méth. nouv.*, t. I, p. 98, mêmes notations) que la fonction perturbatrice sera développable suivant les puissances de six variables (*loc. cit.*), les coefficients étant des fonctions périodiques de $\lambda-\lambda'$. Les sept quantités fixent entièrement les conditions mécaniques. Le choix de variables permet d'*impliquer*, dans la démonstration de prime abord, le cas très étendu de la mobilité des apsides, la longitude du périhélie n'y figurant pas explicitement. Dans le cas du problème restreint, la planète décrit un cercle; le nombre des variables, *non canoniques*, se réduira à ξ, η, Λ, $\lambda-\lambda'$ (*loc. cit.*) (les lettres accentuées concernent la planète de masse μ). Les cercles képlériens pour $\mu=0$ seront périodiques, quelles que soient les distances des deux corps du corps central. Le temps ne figure pas explicitement. Dans le mouvement troublé $\mu \gtrless 0$, la période ne sera que synodique, le périhélie du planétoïde prendra à la fin de cette période une position distincte de celle du commencement. Dans le cas du problème astéroïdique (la planète décrit une ellipse de l'excentricité e'), il s'agira des équations analogues, qui contiennent cependant deux paramètres μ, e'. Posons, pour réduire leur nombre, $e'=\alpha\mu$. Le temps t figure explicitement. Pour faciliter la naissance des solutions séculaires, on devra les faire jouir d'une période en accord avec celle des deuxièmes membres fixée par $n't$, c'est-à-dire avec la période d'une ou plusieurs révolutions de la planète troublante. Nous choisissons ainsi, parmi les solutions *synodiques* de la première sorte, celles dont la période *synodique* T' pourra, en se répétant, se composer avec la période *sidérale* T. La ligne des apsides reprendra à la fin de la période sidérale *sa position originaire*, l'angle décrit par elle en une période synodique donnera par répétition 360° ou 360° s (s entier positif). Nous distinguerons d'après cela les solutions séculaires de la première et de la

[1] Séance du 15 octobre 1923.

deuxième classe. D'après la longueur des périodes, on retrouvera encore les solutions *longuévales*, *séculaires à courte et à longue période*.

La durée des périodes sera donnée (voir *Bull. astr.*, *loc. cit.*, p. 440) par

$$p n_1 - (p+q) n' \pm q f, \qquad n_1 = n + g.$$

Il s'agit donc de la commensurabilité réelle

$$\frac{n_1}{n'} = \frac{rp \pm 1 + rq}{rp \pm 1},$$

$$f T' r = 2\pi, \qquad T' = \frac{2\pi q}{n_1 - n'}, \qquad rp \pm 1 = \frac{n'}{f} = l, \qquad T = T' r = \tau'_{\mathfrak{T}}(rp \pm 1) = \tau'_{\mathfrak{T}} \frac{n'}{f},$$

$$f T' r = 2\pi s, \qquad \frac{\bar{l}}{s} = \frac{n'}{f} = \frac{pr \pm s}{s}, \qquad T = T' r = \tau'_{\mathfrak{T}}(pr \pm s) = \tau'_{\mathfrak{T}}\, s \frac{n'}{f}.$$

Pour le commencement du mouvement et la fin de la période sidérale, on aura respectivement (POINCARÉ, *loc. cit.*, p. 99) :

$$\mu \gtrless 0, \quad e' = \alpha\mu, \quad t = 0, \quad \Lambda_0 + \beta_1, \quad \lambda = \lambda' = 0, \quad \lambda - \lambda' = \beta_2 = 0,$$
$$\xi_0 = \beta_3, \quad \eta_0 = \beta_4,$$
$$\mu \gtrless 0, \quad t = T, \quad \Lambda_0 + \beta_1 + \psi_1, \quad \lambda - \lambda' = \psi_0 + 2\pi q r, \quad \xi_0 + \psi_3, \quad \eta_0 + \psi_4.$$

Les conditions des solutions périodiques $\psi_1 = \psi_0 = \psi_3 = \psi_4 = 0$ seront indépendantes, l'intégrale de Jacobi n'existe pas. On trouvera (POINCARÉ, *loc. cit.*)

$$F_0 = \frac{\gamma}{(\Lambda_0 + \beta_1)^2}, \qquad \psi_0 = \frac{2\pi q r}{n_1 - n'}\left[n_1\left(1 + \frac{\beta_1}{\Lambda_0}\right)^{-3} - n'\right],$$
$$\psi_3 = \xi_0(\cos\lambda_0 - 1) - \eta_0 \sin\lambda_0, \qquad \psi_4 = \xi_0 \sin\lambda_0 + \eta_0(\cos\lambda_0 - 1).$$

L'équation $\psi_1 = 0$ contient le facteur μ qu'on doit supprimer. De là découle la condition bien connue de conjonction et opposition symétriques $\frac{\partial F_1}{\partial \lambda} = 0$. Le déterminant fonctionnel de nos équations $\psi_k = 0\ (k = 1, 2, 3, 4)$ se décompose en trois facteurs : 1° le facteur $\frac{\partial^2 F_1}{\partial \lambda^2} \gtrless 0$; 2° le facteur $\frac{\partial F_0}{\partial \beta_1} \gtrless 0$; 3° $\frac{\partial(\psi_3, \psi_4)}{\partial(\beta_3, \beta_4)} \gtrless 0$, lequel coïncide avec celui examiné par Poincaré (*loc. cit.*) dans le cas des solutions de la première sorte. Il n'y aura d'exception que si $n_1 = n'$, ou si $\frac{n_1}{n} = \frac{p+1}{p}$. Les solutions séculaires trouvées seront développables en séries convergentes suivant les puissances de μ, respectivement μ et e'. On se dispensera d'exécuter les transformations à la Delaunay (*Bull. astr.*, p. 444). Les solutions posséderont quatre exposants caracté-

ristiques distincts de zéro. J'obtiens ainsi l'orbite d'Hécube avec une période principale de 1500 années juliennes environ.

Le périhélie des orbites trouvées est mobile en général; son expression analytique se compose de deux termes : l'un contenant le facteur μ, l'autre le facteur $\mu e'$.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la diminution de l'intensité dans la partie rouge du rayonnement solaire, observée entre l'Europe et l'Équateur.* Note [1] de M. Ladislas Gorczinski.

J'ai pu, au cours d'un voyage au Siam, faire jusqu'à l'Équateur des mesures de radiation solaire. Les nouvelles mesures actinométriques avaient principalement pour objet de rechercher les variations subies entre l'Europe et l'Équateur, d'une part par l'intensité totale du rayonnement solaire, et d'autre part par l'intensité de ce même rayonnement observé à travers des verres colorés. Les mesures ont été faites aux divers points du parcours, à bord des navires, et en différentes stations du Siam, des Indes et des hautes montagnes de Java.

Bien que je n'aie pas eu le temps de faire la réduction complète du grand nombre de mesures (plus de 40000) que j'ai pu effectuer, pendant 6 mois, de mars à août 1923, je voudrais signaler un point important qui se dégage de l'ensemble des observations, à savoir la diminution progressive de l'intensité de la partie rouge de la radiation solaire qui se produit lorsqu'on va de l'Europe à l'Équateur.

Laissant ici de côté les questions parfois délicates, d'ordre physique, météorologique et instrumental, nous dirons que les mesures ont été effectuées à l'aide de deux actinomètres bimétalliques (du système Michelson), spécialement adaptés pour leur emploi sur les navires et munis de verres colorés. Parmi ces verres, nous mentionnons le verre rouge d'Iena (F. 4512) qui donne, d'après Schott, pour 1^{mm} d'épaisseur, la transmission de 94 pour 100 de la radiation rouge $0^{\mu},644$ et est presque opaque pour la partie jaune du spectre (5 pour 100 pour $0^{\mu},578$).

---

[1] Séance du 15 octobre 1923.

Dates 1923.	A midi. Distance zénithale.	Masse atmosph.	Tempér. de l'air.	De 11h à 13h. Max. Q (gr.cal.).	Pour 100 rouge.	Remarques. (Position du bateau).
	A. — Bateau à moteur M.-S. « Jutlandia » de la Compagnie danoise Est-Asiatique.					
	°		°C			
8 mars....	43	1,38	16	1,39	50	Atlantique 38° N, 10° W.
13 »	39	1,28	15	1,33	50	Méditerranée 36° N, 5° E Gr.
18 »	30	1,15	21	1,22	48	Canal de Suez 29° N, 33° E.
20 »	22	1,09	28	1,24	47	Mer Rouge 22° N, 38° E.
23 »	12	1,03	27	1,36	45	Golfe d'Aden 12° N, 44° E.
28 »	6	1,01	31	1,36	45	Océan Indien 10° N, 65° E.
10 avril....	5	1,01	29	1,28	45	Golfe du Siam (océan Pacifique) : $\varphi = 3°$ N, $\lambda = 101°$ E Greenw.
	B. — Plaines du Siam (Bangkok).					
	°		°C			
5 mai.....	2	1,00	32	1,15	45	Ville de Bangkok. Latit. 13°44′ N; longit. 100°50′ E Gr. Altit. 10m.
10 »	4	1,01	32	1,11	45	
15 »	5	1,01	33	1,25	35	
21 »	6	1,01	33	1,22	44	
	C. — Campement dans les hautes montagnes de Java. (Montagne de Pangerango : $\varphi = 6°45'$ S; $\lambda = 106°58'$ E Gr.; Altit. = 3023m.)					
15 juin.....	30	0,81	16	1,6*	42*	*Par suite des nuages, on a pu observer seulement le matin; les valeurs, réduites approximativement à midi, n'ont qu'un caractère provisoire.
16 »	30	0,81	11	1,6*	43*	
17 »	30	0,81	13	1,6*	43*	
	D. — A bord de M.-S. « Falstria » de la Compagnie danoise Est-Asiatique.					
22 juillet...	16	1,04	29	1,20	45	Océan Indien 4° N, 61° E.
28 » ...	8	1,02	31	1,12	45	Golfe d'Aden 11° N, 47° E.
31 » ..	0	1,00	32	1,17	45	Mer Rouge 18° N, 40° E.
1 août	3	1,01	32	1,17	47	Mer Rouge 22° N, 38° E.
5 »	15	1,04	27	1,28	47	Port-Saïd-Médit. 32° N, 32° E.
7 »	18	1,05	29	1,38	48	Méditerranée 34° N, 24° E.
9 »	22	1,08	28	1,28	49	Méditerranée 38° N, 16° E.
	E. — Plaines d'Europe (France et Pologne).					
13 août....	29	1,14	34	1,30	50	Montpellier 43°,6 N (Station mét. agricole).
21 »	36	1,23	29	1,17	51	Paris 48°,8 N (Obs. Parc St-Maur).
13 sept.....	48	1,49	24	0,88 (1)	51	Varsovie 52°2; N, 21°,0 E Gr. (Inst. cent. météor. de Pologne).
17 »	50	1,54	22	1,17	52	

Nota. — La réduction des valeurs de Q (l'intensité totale de la radiation solaire en gr.-cal. par cm²/min.) n'est que provisoire.

(1) Ciel voilé.

L'intensité du rayonnement rouge est une fraction de l'intensité totale qui correspond, dans ce tableau, à la lame de verre F. 4512 de $3^{mm},5$ d'épaisseur. Si l'on corrigeait les nombres obtenus de l'écart résultant de l'absorption par le verre, on obtiendrait des valeurs plus grandes (environ 62 au lieu de 50 pour 100, etc.).

De l'examen de ce tableau, il résulte qu'il existe bien, entre l'Équateur et et la latitude $\varphi = 52°$ Nord, une augmentation progressive de l'intensité de la portion rouge de la radiation solaire. Cela tient en partie à l'accroissement de la distance zénithale, auquel correspond une augmentation relative de l'intensité de la radiation rouge lorsque le Soleil se rapproche de l'horizon.

Les observations journalières effectuées à Varsovie avaient mis en évidence une variation relativement faible, de l'ordre de 3 pour 100 seulement, lorsque le Soleil passe du zénith à une distance zénithale de 50°; cette variation prend de l'importance lorsque la distance zénithale devient plus grande; en particulier elle augmente rapidement entre la distance zénithale de 80° et l'horizon.

Bien que nous ne puissions entrer pour l'instant dans le détail, on peut remarquer néanmoins que la marche diurne du pourcentage du rayonnement rouge se montre souvent sous une forme asymétrique par rapport à midi (minimum avant midi) et qu'elle présente aussi des changements irréguliers d'un jour à l'autre.

Étant donné que l'intensité totale de la radiation solaire est — dans la moitié la plus chaude de l'année — plutôt plus grande en Europe (et en général dans les latitudes moyennes) que dans la zone équatoriale, c'est surtout à la différence dans la répartition de l'énergie du rayonnement dans les différentes parties du spectre solaire qu'il importe d'attribuer les effets si différents que le Soleil produit dans la zone chaude. Le déficit que l'on observe dans le rouge (réuni avec le surplus du violet) dans la zone tropicale et équatoriale peut seul expliquer bien des particularités se rapportant à l'acclimatation, à la physiologie, à la végétation, etc.

Bien qu'il n'existe aucun doute sur l'exactitude des faits énoncés plus haut, cette étude ne saurait être considérée comme terminée. L'intérêt scientifique et l'importance pratique des résultats obtenus justifient une exploration plus détaillée des diverses régions de la surface de la Terre. Parmi celles-ci, les régions désertiques (par exemple les parties montagneuses du Sahara, voisines du Maroc), les montagnes équatoriales et une petite île au milieu de l'Océan (par exemple Tahiti) apparaissent comme

particulièrement intéressantes à ce point de vue. De nouvelles expéditions temporaires pourraient être organisées. De même, il apparaîtrait utile que des observations régulières (actinométrique et spectrobolométrique) fussent poursuivies dans le midi de la France, où les conditions atmosphériques sont particulièrement favorables.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Essai de mise en évidence, à haute altitude, d'un rayonnement solaire dans l'ultraviolet lointain.* Note de MM. **P. Lambert**, **G. Déjardin** et **D. Chalonge**, présentée par M. H. Deslandres.

Les expériences de MM. Fabry et Buisson [1] ont montré que, dans la région comprise entre 3900 A et 2900 A, la courbe d'énergie du spectre solaire se rapproche beaucoup de celle du corps noir à la température de 6000° absolus. Si l'on admet que le rayonnement solaire conserve le même caractère dans l'ultraviolet lointain, l'énergie rayonnée sous forme de longueur d'onde inférieure à 3000 A représente le $\frac{1}{24}$ de l'énergie totale. D'autre part, le spectre solaire est limité au voisinage de 2900 A par l'absorption de l'ozone localisé dans la haute atmosphère. Cette quantité d'ozone équivaut, d'après MM. Fabry et Buisson [2], à une couche d'ozone pur d'une épaisseur moyenne de 3^{mm} dans les conditions normales. Elle est suffisante pour expliquer la disparition du spectre solaire entre 2900 A et 2100 A, mais n'explique pas l'absence de radiations au voisinage de cette dernière limite [3].

MM. Duclaux et Jeantet [4] ont établi récemment que la quantité de gaz ammoniac contenue normalement dans l'air permet d'expliquer la disparition des radiations de longueur d'onde inférieure à 2020 A. Si la présence dans l'atmosphère de l'ozone et du gaz ammoniac était l'unique cause de la limitation du spectre solaire ultraviolet, ce spectre devrait donc réapparaître dans une bande étroite au voisinage de 2100 A. La possibilité de l'existence d'un tel intervalle de transparence atmosphérique a été nette-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 156.

(2) *Journ. de Phys.*, t. 2, 1921, p. 197.

(3) Meyer (*Ann. der Phys.*, t. 12, 1903, p. 849) a montré que le pouvoir absorbant de l'ozone passe par un minimum vers 2100 A. Nous avons, après MM. Duclaux et Jeantet, vérifié l'existence de ce minimum.

(4) *Journ. de Phys.*, t. 4, 1923, p. 115.

ment indiquée par Meyer [1], par Lyman [2] et par Duclaux et Jeantet. On peut espérer, de plus, observer à haute altitude un élargissement de cet intervalle vers les courtes longueurs d'onde, le gaz ammoniac étant vraisemblablement, au contraire de l'ozone, beaucoup plus abondant dans les régions basses de l'atmosphère.

Nous avons tenté de mettre en évidence cette réapparition du spectre solaire dans l'ultraviolet lointain, en expérimentant à l'Observatoire Vallot, situé sur l'arête ouest du mont Blanc, à 4347^{m} d'altitude.

L'expérience ne pouvait être tentée avec un spectrographe ordinaire à optique de quartz. L'intensité du rayonnement solaire dans le spectre visible et le début de l'ultraviolet est tellement considérable que la lumière diffusée par les milieux transparents traversés voile rapidement les plaques. Les poses utiles sont ainsi limitées à une durée extrêmement courte. Comme l'ont fait MM. Fabry et Buisson [3] pour l'étude de l'extrémité ultraviolette du spectre solaire, nous avons construit et étudié un spectrographe double permettant de séparer le domaine spectral considéré des radiations moins réfrangibles. L'absorption par le quartz étant déjà importante dans ce domaine, nous avons adopté une disposition nouvelle permettant de réduire à 3^{cm} environ l'épaisseur de quartz traversée.

Un premier spectroscope produit un spectre réel dont on isole, au moyen d'un diaphragme, une portion correspondant à l'intervalle 1900 A-2150 A. Un second système optique, identique au précédent, reçoit les radiations qui ont traversé l'ouverture du diaphragme et donne, sur la plaque photographique, un spectre constitué par les images monochromatiques de la fente du premier spectroscope (la dispersion moyenne est de 1^{mm} pour 5 A). Les quatre lentilles ont 12^{cm} de distance focale et les prismes (deux prismes de 30°, l'un droit et l'autre gauche) sont placés de manière à utiliser la région voisine de l'arête. Les différentes pièces de l'appareil, montées sur une plaque d'aluminium, forment un ensemble parfaitement rigide dont le réglage a été soigneusement vérifié à Chamonix, avant et après le transport à l'Observatoire. L'appareil peut être fixé sur un mouvement équatorial [4] permettant de maintenir centrée sur la fente l'image ultraviolette du Soleil donnée par une lentille de fluorine de 15^{cm} de distance focale.

Nous avons utilisé des plaques Jougla (grands instantanés, à l'iodobromure d'argent) recouvertes d'une couche très mince d'huile fluorescente par un des procédés indiqués

---

(1) MEYER, *loc. cit.*

(2) *The spectroscopy of the extreme ultraviolet*, p. 25.

(3) *Journ. de Phys.* (*loc. cit.*).

(4) Cet appareil, dont le maniement est très facile, nous a été obligeamment prêté par MM. Bauer et Danjon qui nous ont précédé à l'Observatoire Vallot.

par MM. Duclaux et Jeantet ([1]), et aussi des plaques Schumann. Les plaques fluorescentes permettent d'obtenir, avec notre appareil, la plupart des raies du cuivre comprises entre 1900 A et 2150 A, avec une durée de pose de l'ordre de la seconde (en utilisant une installation courante d'étincelle condensée).

Les clichés obtenus à l'Observatoire Vallot, les 25, 26 et 27 août (à différentes heures du jour, poses de 30 à 40 minutes, pression atmosphérique moyenne égale à 440^{mm}), ne présentent aucune trace de spectre. Le rayonnement solaire qui parvient dans la moyenne atmosphère, à l'altitude du mont Blanc, ne renferme donc aucune radiation d'intensité appréciable de longueur d'onde comprise entre 1900 A et 2150 A ([2]).

La diffusion moléculaire est insuffisante pour expliquer un tel affaiblissement des radiations de courte longueur d'onde qui parviennent aux confins de l'atmosphère. Celle-ci doit donc contenir des gaz capables de les absorber et, parmi les constituants de l'air, l'oxygène semble devoir être considéré tout d'abord. Le spectre d'absorption ultraviolet de l'oxygène est encore peu connu. Il comprend, entre 1850 A et 2000 A, plusieurs systèmes de bandes (Steubing, L. et E. Bloch, Duclaux et Jeantet) qui apparaissent pour une épaisseur d'oxygène traversée de l'ordre du mètre. Lorsque cette épaisseur est, comme dans l'atmosphère, de l'ordre du kilomètre, il est possible qu'elles s'élargissent suffisamment pour absorber les radiations solaires dont la longueur d'onde est comprise entre 2000 A et 2100 A. Nous nous proposons de rechercher s'il en est ainsi.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *La diffusion des rayons X et la loi de Bragg.* Note ([3]) de M. F. Wolfers, présentée par M. G. Urbain.

Les mesures de haute précision faites par Stenström ([4]), Siegbahn ([5]),

---

([1]) *Journ. de Phys.*, t. 2, 1921, p. 156. Nos plaques ont été sensibilisées au moyen d'une solution très étendue d'huile de graissage dans l'éther de pétrole.

([2]) L'absence de radiations de longueur d'onde inférieure à 2000 A est en accord avec le résultat des expériences du Dr Bayeux (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 957), d'après lesquelles le rayonnement solaire ne produit aucune trace d'ozone, à l'altitude de l'Observatoire du mont Blanc.

([3]) Séance du 15 octobre 1923.

([4]) Stenström, *Thèse*, Lund.

([5]) Siegbahn, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1350.

Hjalmar [1] et par Duane et Patterson [2] ont montré que la loi de Bragg

$$K\lambda = 2a \sin \alpha$$

n'était pas rigoureuse, les angles mesurés dans les ordres supérieurs étant un peu trop petits. La seule explication est jusqu'ici basée sur l'électromagnétisme classique [3]; les rayons X, traités comme de la lumière, auraient un indice de réfraction inférieur à 1 directement mesurable par une méthode de réflexion totale [4]. J'ai déjà signalé [5] que ces expériences n'étaient pas indiscutables, et théoriquement le point de vue exposé soulève des difficultés. Il est possible de les lever en expliquant les écarts de la loi de Bragg d'une façon compatible avec la théorie des quanta.

J'admets comme seule hypothèse que *la diffusion dans un cristal est de même nature que dans un corps quelconque*. On sait d'autre part que les rayons diffusés faisant un angle 2α avec les rayons incidents, sont légèrement plus mous que ceux-ci; soit $\Delta\lambda = f(\alpha, \lambda)$ l'accroissement de longueur d'onde [6].

Les rayons réfléchis par un plan réticulaire auront une longueur d'onde λ_r plus grande que celle λ_i des rayons incidents; la loi de réflexion régulière ne s'appliquera pas rigoureusement, et si l'on appelle α_i et α_r les angles des rayons incidents et réfléchis avec le plan réticulaire, on trouve :

$$\cos\alpha_r \lambda_i = \cos\alpha_i \lambda_r. \tag{1}$$

Écrivons que la différence de phase entre rayons réfléchis par deux plans réticulaires successifs est égale à $2K\pi$. Soit a l'équidistance; on trouve, en tenant compte de (1),

$$\frac{K}{a} = \frac{1}{\lambda_i \sin\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_r \sin\alpha_r} - \frac{\cos\alpha_i}{\lambda_i}(\cot\alpha_i + \cot\alpha_r) = \frac{1}{\sin\alpha_r}\left[\frac{\lambda_i}{\lambda_r} - \cos(\alpha_i + \alpha_r)\right]. \tag{2}$$

Or ce que l'on mesure, c'est l'angle $\alpha = \frac{\alpha_i + \alpha_r}{2}$. Si la loi de Bragg était rigoureuse,

---

(1) E. HJALMAR, *Zeits. f. Phys.*, t. **1**, 1920, p. 439.

(2) *Phys. Rev.*, t. **165**, 1920, p. 532.

(3) Voir DARWIN, *Phil. Mag.*, t. **27**, 1914, p. 318, et EWALD, *Phys. Zeits.*, 1920, p. 617.

(4) A.-H. COMPTON, *Phil. Mag.*, t. **45**, 1923, p. 1121.

(5) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 32.

(6) A.-H. COMPTON, *Phys. Rev.*, t. **21**, 1923, p. 483. Pour la raie Mo.Kα_1 diffusée à 90° par du charbon, on aurait $\Delta\alpha = 0{,}02$ u. Å.

l'on mesurerait dans le premier ordre un angle α_0 tel que

$$K\lambda_i = 2a . K \sin\alpha_0.$$

En posant $\Delta\lambda = \lambda_r - \lambda_i$, on trouve alors

$$(3) \qquad K\sin\alpha_0 = \sin\alpha\left[1 - \frac{\Delta\lambda(1+\cos^2\alpha)}{2\lambda_i\sin^2\alpha + \Delta\lambda(1+\sin^2\alpha)}\right].$$

Une mesure faite dans l'ordre K comporte une erreur ε_k sur la mesure de l'angle, qui s'écrit, en éliminant λ,

$$(4) \qquad \varepsilon_k = \sin\alpha - K\sin\alpha_0 = \frac{K\Delta\lambda(1+\cos^2\alpha)}{4a\sin^2\alpha + K\Delta\lambda\left(\frac{1+\sin^2\alpha}{\sin\alpha}\right)}.$$

Donc *toutes les longueurs d'onde doivent subir une correction*. Pour des rayons assez mous, $\Delta\lambda$ est petit devant λ; on peut alors simplifier, et la valeur de λ calculée par la loi de Bragg devra être diminuée de

$$(5) \qquad \delta\lambda = \frac{2a}{k}\varepsilon_k = \frac{\Delta\lambda}{2}\frac{(1+\cos^2\alpha)}{\sin^2\alpha}.$$

Enfin, si la loi de Bragg était rigoureuse, on aurait, α_k étant l'angle mesuré dans l'ordre k,

$$k\sin\alpha_1 = \sin\alpha_k.$$

Au lieu de cela nous trouvons de petites différences.

$$(6) \qquad s_k = k\sin\alpha_1 - \sin\alpha_k = k\varepsilon_1 - \varepsilon_k.$$

Ce sont ces différences que l'expérience a révélées; on voit qu'elles doivent être positives et très petites.

Inversement, *si l'on disposait de mesures de très haute précision en assez grand nombre, on pourrait calculer $\Delta\lambda$ et ses variations à partir de s, et atteindre ainsi les lois de la diffusion*, si difficiles à étudier directement.

Cependant, pour tenter une vérification directe, faisons des hypothèses sur $\Delta\lambda$.

Admettons que *la diffusion se fait par quanta* (¹); l'énergie $h\nu$ serait absorbée par un électron de masse m; l'énergie $h\nu'$ serait reémise dans une direction unique faisant l'angle 2α avec la première. A l'énergie de recul de l'électron correspond la différence $h\nu - h\nu'$. De la conservation des quantités de mouvement, on déduit aussitôt

$$\nu - \nu' = \frac{2h\nu^2}{c^2 m}\sin^2\alpha, \qquad \text{d'où} \qquad \Delta\lambda = \frac{2h}{mc}\sin^2\alpha,$$

(¹) Une théorie très générale a été proposée par A. H. Compton (*Phys. Rev.*, t. 21, 1923, p. 483).

où $\Delta\lambda = 0,0486 \sin^2\alpha$. Pour $\alpha = 90°$, cette valeur semble d'accord avec les rares données expérimentales.

Posons $\Delta\lambda = A \sin^2\alpha$. La relation (4) donne alors

$$\varepsilon_k = \frac{AK(2 - \sin^2\alpha)}{4a + KA\left(\frac{1 + \sin^2\alpha}{\sin\alpha}\right)} \qquad (7)$$

et d'une façon approchée :

$$s_k = \frac{KA}{4a}(\sin^2\alpha_k - \sin^2\alpha_1).$$

Appliquons cela aux mesures de Hjalmar [1] faites avec un cristal de gypse ($a = 7,58$ u. Å). Les valeurs expérimentales de s, dépassant de très peu les erreurs possibles, sont *très mal connues;* l'on ne saurait comparer que les ordres de grandeur. Le Tableau ci-dessous montre donc sur deux exemples un accord satisfaisant. Nous voyons là une confirmation très bonne de notre calcul, et une confirmation partielle de la théorie de diffusion par quanta. L'idée d'un indice de réfraction des rayons n'est donc pas indispensable.

Raies.	α mesuré (moyenne).	$\varepsilon_k \times 10^{-4}$.	s observé.	s calculé $\Lambda = 0,0436$.	s calculé $\Lambda = 0,0283$.
Cuβ_1 ($\lambda = 1,389$)	5°15′34″,5	31,337			
	10.33.39,8	61,915	$s_2 = 0,65.10^{-4}$	$0,76.10^{-4}$	$0,4.10^{-4}$
	15.57.12	90,832	$s_3 = 1,5 \;.10^{-4}$	$3,18.10^{-4}$	$1,6.10^{-4}$
Vaβ_1 ($\lambda = 2,2797$)	8.39. 8,3	31,354			
	17.29.57,8	60,546	$s_2 = 1,7 \;.10^{-4}$	$2,2 \;.10^{-4}$	$1,1.10^{-4}$
	26.48.28,1	85,295	$s_3 = 3,1 \;.10^{-4}$	$8,8 \;.10^{-4}$	$4,4.10^{-4}$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopies dans* $SO^4Na^2 + 10H^2O$. *Grandeur moléculaire des malates, molybdates et molybdomalates.* Note de MM. E. **Darmois** et J. **Périn**, présentée par M. Haller.

Dans des Notes antérieures, l'un de nous a indiqué la préparation et quelques propriétés des composés obtenus à partir de l'acide malique et des molybdates. Dans le but de fixer la grandeur moléculaire de ces composés, nous avons été amenés à entreprendre des déterminations cryoscopiques. L'acide malique donne deux séries de composés correspondant respective-

[1] *Loc. cit.*

ment aux proportions $2 MoO^3, C^4H^6O^5$ et $MoO^3.2 C^4H^6O^5$. Les sels de Na et Am de ces acides complexes ont été préparés et déjà décrits (1).

Si l'on dissout par exemple le dimolybdomalate d'Am dans l'eau et qu'on détermine l'abaissement du point de congélation, on obtient un résultat qui indique une dissociation électrolytique notable. Exemple : Solution à 5g pour 100. Abaissement 0°,32. Poids moléculaire calculé 280. La formule la plus simple exigerait 500. Nous avons alors songé à cryoscoper ces corps dans un sel hydraté fondu. $S^2O^3Na^2$ ne peut convenir, il réduit MoO^3; $CaCl^2$ de même précipite le sel de Ca de l'acide complexe. Nous avons choisi $SO^4Na^2 + 10H^2O$ que Löwenherz a étudié dans un Mémoire fondamental (2).

Cet auteur a montré que le sel de Glauber remplit les conditions essentielles exigées d'un bon solvant cryoscopique : 1° température d'équilibre bien déterminée, abaissée par addition de substances dissoutes; de la solution ainsi formée, il se sépare des cristaux de sel à $10 H^2O$; 2° abaissement moléculaire sensiblement constant pour les non-électrolytes et les sels de Na qui se comportent comme non dissociés. Les autres sels paraissent être, sauf dans un cas, totalement dissociés aux concentrations étudiées. On sait que ces résultats ont été étendus depuis à d'autres sels hydratés : $CaCl^2$, $LiNO^3$, Na^2CrO^4 (3), nitrates de Ca, Mn, Zn (4), $S^2O^3Na^2$ (5).

Les auteurs américains qui ont donné le plus de détails sur cette méthode n'ont pas nettement précisé comment elle permet d'atteindre le P.M. des sels. Benson et Owen, trouvant un abaissement cryoscopique variable avec la concentration, ont même émis des doutes sur la valeur du procédé.

Les difficultés d'interprétation des mesures disparaissent si l'on se tient à la technique et surtout au procédé de calcul de Raoult. Au lieu de nous limiter à des abaissements inférieurs à 1° et de prendre des moyennes, nous avons étudié des solutions donnant des abaissements allant jusqu'à 3 et même 4° et construit la courbe de Raoult donnant $\frac{\theta}{c}$ en fonction de θ. Cette courbe a, dans tous les cas étudiés, une portion rectiligne qui fournit l'ordonnée à l'origine. C'est cette ordonnée qui entre dans le calcul de la constante ou celui du P. M.

Le dispositif opératoire est identique à celui de Löwenherz, à cette différence près

(1) *J. de Phys.*, février 1922, p. 49, 70.
(2) *Zeits. phys. Chem.*, t. 18, 1895, p. 71.
(3) Livingston, Morgan, Benson, *Zeits. anorg. Chem.*, t. 55, 1907, p. 262.
(4) Livingston, Morgan, Benson, *Zeits. anorg. Chem.*, t. 56, 1908, p. 168.
(5) Boutaric, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 876.

que, pour un même corps, nous avons déterminé chacun des abaissements successifs par addition d'une nouvelle quantité de substance dans la même éprouvette. Il semble nécessaire d'opérer dans des conditions identiques pour une série de mesures :

1° Même quantité de solvant (25-30^g);

2° Différence constante entre la température du thermostat [1] et le point de congélation attendu (2° par exemple);

3° Agitation très régulière de la solution surtout quand la surfusion cesse.

Les sels étudiés sont hydratés dans certains cas; on peut soit les déshydrater, soit déterminer leur eau d'hydratation. L'eau apportée avec le sel semble s'ajouter simplement au poids du solvant primitif; c se rapporte en tout cas au sel anhydre.

Résultats. — I. Nous avons d'abord déterminé la constante cryoscopique de SO^4Na^2 en utilisant l'urée, Na Cl, NO^3Na.

Urée............ $\frac{\theta}{c} = 0,538 - 0,0154\theta$ entre 0°,1 et 3°. K = 32,3.

NaCl............ $\frac{\theta}{c} = 0,543 + 0,0168\theta$ entre 1° et 3°,33. K = 32,0.

NO^3Na.......... $\frac{\theta}{c} = 0,368 - 0,011\theta$ entre 0°,5 et 4°,1. K = 31,4.

On peut adopter le nombre rond 32. D'après Boutaric et Leenhardt [2], la formule de Van't Hoff fournit 32,08.

II. Nous avons profité de ces recherches pour étudier le malate acide de Na et quelques molybdates.

Malate acide de Na. — Anhydre $\frac{\theta}{c} = 0,194 - 0,0130\theta$ entre 0°,2 et 2°,8. P. M. calc. 155. La formule $C^4H^5O^5Na$ indique 156.

Molybdate neutre de soude. — Teneur en eau 15 pour 100, soit $2H^2O$. $\frac{\theta}{c} = 0,159 - 0,0134\theta$ entre 0°,9 et 4°,1. P. M. calc. 200. $MoO^4Na^2 = 206$.

Molybdate acide de Na. — Teneur en eau 23,8 pour 100 (environ $21H^2O$). $\frac{\theta}{c} = 0,0275 + 0,0045\theta$ entre 0°,1 et 1°,3. P. M. calc., 1163.

La formule $Mo^7O^{24}Na^6$ indique 1194. L'erreur de 30 est très possible; en tout cas, le fort P. M. n'est pas douteux.

*Molybdate acide d'*Am. — Teneur en eau, 6 pour 100 ($4H^2O$). $\frac{\theta}{c} = 0,197 - 0,0143\theta$ entre 0°,4 et 1°,4. P. M. calc., 162. La formule

---

(1) Celui-ci contient 15 à 20^l d'eau; sa température est réglée à quelques centièmes de degré près.

(2) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 855.

classique de Delafontaine, $Mo^7O^{24}Am^6$, exige 1164. Le rapport des deux nombres est 7,2, ce qui indique une dissociation très forte. L'hypothèse de 6 ions Am et de 1 ion acide rend assez convenablement compte de ces résultats.

III. Nous avons enfin étudié les sels cités plus haut.

Dimolybdomalate de Na. — Teneur en eau, 11 %. $\frac{\theta}{c} = 0,0315 + 0,0055\theta$. P. M. calc., 1010. La formule simple doit être doublée. Le corps dériverait d'un acide tétramolybdique (sel $6H^2O$).

*Dimolybdomalate d'*Am. — Teneur en eau, 11,5 pour 100. $\frac{\theta}{c} = 0,1705$ entre 1° et 2°,5. P. M. calc., 188. La formule analogue à celle du sel de Na exigerait 950 environ. Rapport des deux nombres, 5,05. La dissociation complète en 4 ions Am et 1 ion acide rend compte de ce résultat (sel à $5H^2O$).

Molybdodimalate de Na. — Eau, 9,4 pour 100. $\frac{\theta}{c} = 0,075$ de 0°,8 à 2°,3. P. M. calc., 427, un peu inférieur au P. M. 452 exigé par la formule la plus simple. Les variations de $\frac{\theta}{c}$ en solution étendue sont ici considérables et semblent indiquer une hydrolyse du sel.

Il résulte de ces mesures que les nouveaux composés dérivent tous de deux molécules d'acide malique. Nous avons pu fixer en même temps la grandeur moléculaire probable du molybdate ordinaire d'Am. Les seules mesures connues jusqu'ici sont celles de Klason [1] sur une solution aqueuse qui, combinées d'une façon assez arbitraire avec des mesures de conductibilité, avaient fourni un P. M. de l'ordre de 540.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution et l'évolution des oxydes et des hydroxydes métalliques.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'exaltation du diamagnétisme de l'eau et des oxydes métalliques contraste remarquablement avec la régularité des hydrates métalliques, que nous dénommerons hydroxydes pour éviter par la suite toute ambiguïté. Pour ces derniers corps, la susceptibilité moléculaire s'obtient en ajoutant à la susceptibilité atomique du métal dans ses sels la part contributive des

(1) *Ber.*, t. 34, 1901, p. 153.

radicaux OH, tels qu'ils jouent dans les alcools. L'analyse magnétique devient alors un moyen très sûr de distinguer l'eau « d'hydratation » de l'eau de « constitution », elle permet de suivre la décomposition par la chaleur des hydroxydes ou l'action réciproque des oxydes anhydres et de l'eau; elle est plus pratique et plus sûre à ce point de vue que la spectrographie dans l'infrarouge.

Nous donnerons quelques exemples caractéristiques des résultats acquis dans cette direction, en notant d'abord que seuls les métaux monovalents et bivalents peuvent donner des hydroxydes stables. La démonstration en a été donnée pour les métaux tétravalents; nous l'étendrons bientôt aux éléments trivalents.

Si l'on prend pour abscisse la proportion e d'eau ajoutée ou combinée à l'oxyde anhydre et pour ordonnées les susceptibilités spécifiques χ_s du système des deux corps, un mélange d'oxyde anhydre et d'eau sera représenté par un point de la droite EO qui joint les points figuratifs de l'eau et de l'oxyde; un mélange d'eau et d'hydroxyde par la droite EH, aboutissant au point représentant l'hydroxyde; un mélange d'oxyde anhydre et d'hydroxyde non décomposé correspondra à la droite OH. L'intérieur du triangle OEH représentera un mélange d'oxyde anhydre, d'hydroxyde et d'eau retenue par adsorption ou par imbibition.

L'un des cas les plus simples est fourni par l'*hydroxyde de cadmium*, que la chaleur transforme évidemment en un mélange d'oxyde et d'hydroxyde; une reprise d'eau ne donne pas lieu à la reconstitution de l'hydroxyde. Le chemin parcouru est alors, par exemple : 1-2-9-7-8, sur les droites EH, HO, OE de la figure ci-contre.

Nos.....	1.		2.		9.		7.		8.
e (pour 100)....	21,1	→	14,6	→	8,5	→	0	→	3,8
$-10^7.\chi_s$.......	3,36		3,03		2,97		2,84		3,05

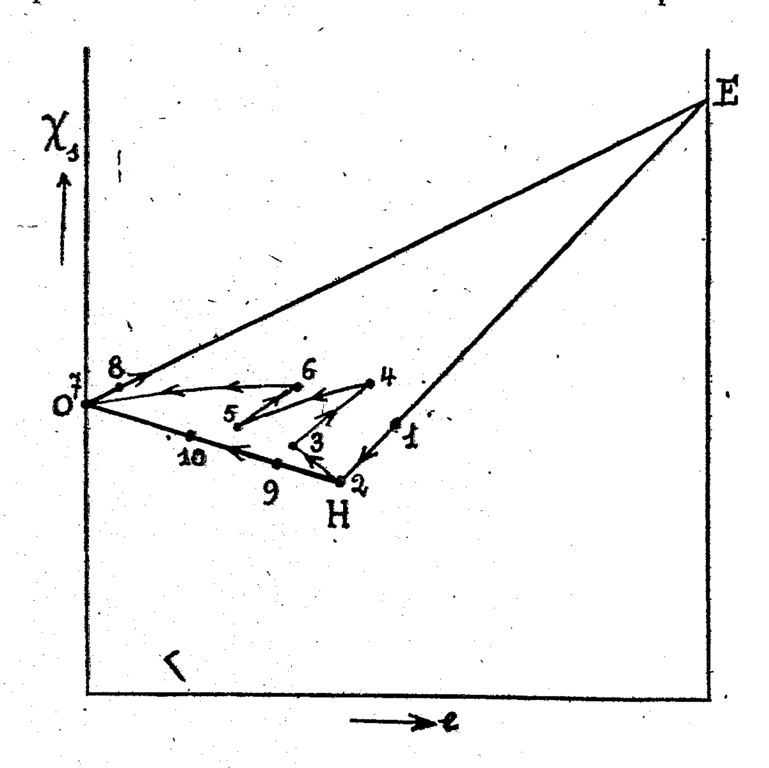
L'*hydroxyde de magnésium* se distingue du précédent par la réversibilité de la déshydratation. Au lieu de parcourir les trois côtés du triangle EHO, le point figuratif reste pendant toute la transformation sur les deux droites EH, HO. On a parcouru le chemin 2-9-7-10.

Nos.......	2.		9.		7.		10.
e (pour 100)..........	30,9	→	25,08	→	0	→	13,64
$-10^7.\chi_s$..............	4,49		4,50		4,28		4,29

Enfin l'exemple de l'*hydroxyde de zinc* est compliqué du fait que l'eau résultant de la décomposition est en partie retenue dans l'oxyde anhydre

formé. La proportion d'hydroxyde de zinc réellement présent dans un échantillon est donc toujours inférieure à celle qui résulterait du dosage de l'eau; l'hydroxyde séché à 160° (de Forcrand) paraît même déjà légèrement décomposé.

Même quand la calcination est menée assez lentement pour éviter toute



surchauffe locale, l'eau adsorbée ne s'élimine pas complètement avant la décomposition de l'hydroxyde, de telle sorte que des déshydratations à température constante, alternant avec des reprises d'eau, font croître lentement la proportion d'oxyde anhydre. Le point figuratif peut décrire, par exemple, le chemin 1-2-3-4-5-6-7-8, qui montre l'irréversibilité de la décomposition de l'hydroxyde et permet de calculer la proportion d'eau non combinée, gardée à chaud par le produit calciné (à 205°). Cette proportion, toujours faible, est de l'ordre de 2 à 3 pour 100 dans l'exemple donné.

Nos......	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
e (pour 100)....	23,1 →	18,3 →	14,5 →	19,7 →	11,7 →	16,9 →	0 →	4,5
$-10^7.\chi_s$.......	3,09	2,87	3,09	3,34	3,15	3,42	3,18	3,31

Ces résultats, que l'on peut étendre aux autres hydroxydes, montrent tout le parti que l'on peut tirer de l'analyse magnétique pour fixer l'état sous lequel se trouve l'eau dans un système donné.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides paraoxybenzoïques iodés.* Note [1] de MM. P. Brenans et C. Prost, présentée par M. A. Haller.

Nous avons repris l'étude des composés iodés de l'acide paraoxybenzoïque dans le but de fixer leurs propriétés et leur constitution et de préparer des dérivés qui permettent de les caractériser.

Acide paraoxybenzoïque monoiodé $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{4}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — Il a été préparé en décomposant par l'acide iodhydrique le sulfate du diazoïque de l'acide aminooxybenzoïque $C^6H^3\underset{3}{(NH^2)}\underset{4}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, obtenu en réduisant l'acide nitrooxybenzoïque $C^6H^3\underset{3}{(NO^2)}\underset{4}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

On ajoute à une dissolution de 5g,70 du chlorhydrate de l'acide aminooxybenzoïque $C^6H^3\underset{3}{(NH^2.HCl)}\underset{4}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ dans 60cm³ d'eau tiède, 8g d'acide sulfurique concentré. En agitant bien la liqueur le sulfate de la base précipite à l'état très divisé. On introduit lentement dans ce mélange refroidi à 0° une solution aqueuse renfermant 2g,30 de nitrite de soude. La diazotation effectuée grâce à une bonne agitation, on verse le sulfate diazoïque jaune, peu soluble, dans 15g d'acide iodhydrique concentré refroidi. On porte peu à peu la solution vers 90°, température que l'on maintient jusqu'à ce que le dégagement d'azote ait cessé. Par refroidissement du mélange coloré par de l'iode, le dérivé iodé précipite presque totalement; on enlève l'iode avec un peu de gaz sulfureux. On obtient 6g,35 de produit brut. Pour le purifier, on le dissout dans 250cm³ d'eau chaude additionnée de noir animal. Cette dissolution maintenue à l'ébullition dégage l'odeur du phénol; filtrée bouillante, elle dépose en refroidissant l'acide monoiodé en aiguilles fines, blanches.

Cet isomère fond à 173° et se décompose vers 200°. Il est très soluble dans l'alcool, moins dans l'acide acétique, l'éther acétique, le chloroforme et le benzène. Il se dissout dans une solution aqueuse de carbonate de soude et, si l'on ajoute à la dissolution alcaline obtenue un excès d'iode, on obtient vite à chaud un précipité rouge analogue au rouge de Lautemann [2].

Analyse. — Théorie, I pour 100 : 48,10; trouvé : 46,18 et 46,71.

---

[1] Séance du 15 octobre 1923.

[2] Lautemann, *Liebigs Ann. der Chem.*, t. 120, 1861, p. 309.

La teneur en iode un peu faible peut être expliquée en admettant que cet isomère renferme une trace de phénol ou bien qu'il cristallise avec une demi-molécule d'eau. Ce dernier point n'a pas pu être établi, car ce composé iodé se sublime facilement.

Éther acétique $C^6H^3\underset{3}{I}(O\,CO\,CH^3)_4(CO\,OH)_1$. — Obtenu au moyen de l'anhydride acétique, il cristallise en aiguilles blanches, fusibles à 172°.

Analyse. — Théorie, I pour 100 : 41,50; trouvé : 40,84.

Éther éthylique $C^9H^9O^3I$. — Il a été obtenu par l'action de l'alcool absolu sur l'acide paraoxybenzoïque monoiodé en présence d'acide sulfurique. Il cristallise d'un mélange de benzène et d'éther de pétrole en aiguilles incolores, fusibles à 117°. Il est soluble dans une solution de carbonate de soude d'où il précipite inaltéré par addition acétique ou d'un acide minéral. En suspension dans l'eau chaude, cet éther décompose le carbonate de baryum.

Analyse. — Théorie, I pour 100 : 43,49; trouvé : 43,50.

Acide paraoxybenzoïque diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}(OH)_4(CO\,OH)_1$. — Cet isomère diiodé a été obtenu à côté d'une proportion notable de l'isomère monoiodé 1.4.3 en faisant agir l'iode et l'oxyde de mercure sur une solution alcoolique d'acide paraoxybenzoïque ou en faisant réagir les mêmes réactifs sur l'acide monoiodé.

On ajoute alternativement et peu à peu, en agitant, 25g,40 d'iode et 10g,80 d'oxyde de mercure à une solution de 15g,60 d'acide paraoxybenzoïque dans 100g d'alcool à 90 centièmes; la réaction se fait avec dégagement de chaleur. On sépare le biiodure de mercure formé, on distille la solution alcoolique et l'on additionne d'eau le résidu. Le produit brut cristallin obtenu pèse 20g à 24g. En l'épuisant par un demi-litre d'eau bouillante on obtient un résidu insoluble (10g) et une solution.

En refroidissant, la solution fournit 5g à 6g d'acide oxybenzoïque monoiodé $C^6H^3\underset{3}{I}(OH)_4(COOH)_1$, en aiguilles, fusibles à 160°-168°; après une cristallisation dans l'acide acétique le point de fusion s'élève à 172° et le corps est pur.

Si l'on concentre les eaux mères, on retrouve 3g,50 d'acide oxybenzoïque qui n'a pas réagi.

Le produit insoluble dans l'eau chaude (10g) est traité à froid par 50cm³ d'une solution renfermant 3g de carbonate de soude. Une proportion importante (7g à 8g) entre en solution. On précipite le composé de la solution alcaline par l'acide chlorhydrique et on le dissout dans l'alcool d'où il cristallise en aiguilles, incolores, qui constituent l'acide diiodé.

Il se sublime et se décompose vers 230° sans fondre. Il est peu soluble dans le chloroforme, la ligroïne, le benzène, soluble dans une solution de carbonate de soude. Additionne-t-on sa solution alcaline d'un excès d'iode, il se transforme en rouge de Lautemann.

Analyse. — Théorie, I pour 100 : 65,12; trouvé : 65,40.

La partie insoluble dans l'eau chaude et la solution alcaline (2^5) est un mélange d'acide paraoxybenzoïque diiodé 1.4.3.5 et de phénol triiodé $C^6H^2I^3_{2.4.6}(OH)_1$ difficiles à séparer. On y parvient en traitant le mélange à 125° avec de l'anhydride acétique. On dissout les deux éthers formés dans l'alcool; l'éther acétique du triiodophénol cristallise d'abord en fines aiguilles, fusibles à 153°; l'éther acétique de l'acide oxybenzoïque diiodé cristallise ensuite.

L'acide diiodé est bien l'isomère $C^6H^2I^2_{3.5}(OH)_4(COOH)_1$. Cela résulte de la formation dans la réaction, à côté des deux dérivés iodés de l'acide paraoxybenzoïque, d'un peu de triiodophénol, ce dernier provenant de la substitution de l'iode au carboxyle de l'isomère diiodé formé d'abord. En outre, nous avons transformé l'acide oxybenzoïque diiodé en phénol triiodé, en faisant agir l'iode en excès sur cet acide diiodé en solution dans la soude.

Éther acétique $C^6H^2I^2_{3.5}(OCOCH^3)_4(COOH)_1$. — Obtenu au moyen de l'anhydride acétique, il cristallise en aiguilles, fusibles à 225°, solubles à chaud dans l'alcool, le chloroforme, moins dans le benzène.

Analyse. — Théorie, I pour 100 : 58,79; trouvé : I, 59,19.

Éther éthylique $C^9H^8O^3I^2$. — Il a été obtenu par l'action de l'alcool absolu sur l'acide oxybenzoïque diiodé en présence d'acide sulfurique. Aiguilles incolores, fusibles à 123°, solubles dans les solvants organiques.

Il est soluble dans une solution de carbonate de soude; l'acide acétique et les acides minéraux le précipitent inaltéré de sa solution alcaline.

Il décompose le carbonate de baryte.

Analyse. — Théorie, I pour 100 : 60,76; trouvé : I, 61,10.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode de dosage de l'acide cyanhydrique des végétaux cyanogénétiques.* Note de MM. E. **Kohn-Abrest** et **J. Ricardoni**, présentée par M. Guignard,

L'importante question des végétaux cyanogétiques a retenu, à plusieurs reprises, l'attention de l'Académie des Sciences, depuis les travaux de M. Guignard et de ceux de l'un de nous ([1]). Les procédés de dosage de l'acide cyanhydrique dans ces végétaux : graines du *Phaseolus lunatus* (haricots de Java, de Birmanie, du Cap, etc.), manioc, graines et tourteaux de lin, etc. publiés jusqu'à présent sont suffisamment pratiques et précis; toutefois il nous a paru intéressant de chercher *à doser à froid* l'acide cyanhydrique libéré par hydrolyse de manière à éviter les mousses si gênantes au cours des distillations à chaud.

Nous nous sommes inspirés, à cet effet, de la méthode par laquelle M. Chelle déplace l'acide cyanhydrique de ses solutions en les soumettant pendant plusieurs heures à l'action d'un courant d'air exempt d'acide carbonique et en fixant, par un peu de potasse, l'acide cyanhydrique ainsi dégagé.

Dispositif. — Ce dispositif est, en somme, celui de M. Chelle, à quelques modifications près. Il comprend : un compresseur d'air ([2]), deux laveurs de Vigreux garnis de soude, une colonne garnie de potasse, un ballon de 400^{cm^3} bouché à l'émeri avec tubulure latérale et tubulure verticale plongeant jusqu'au fond, un barboteur de Chelle à pipette hélicoïdale.

Fonctionnement. — On détache de l'appareil le ballon et l'on introduit dans ce dernier 5^g de la substance végétale réduite en poudre. On y ajoute 50^{cm^3} d'eau. On bouche le ballon et on le place pendant 4 heures dans une étuve chauffée à $+37°$. A défaut d'étuve, on abandonnera le ballon, bouché, au laboratoire pendant 20 heures. Toutefois, comme ce procédé nous paraît surtout destiné à être appliqué aux pays

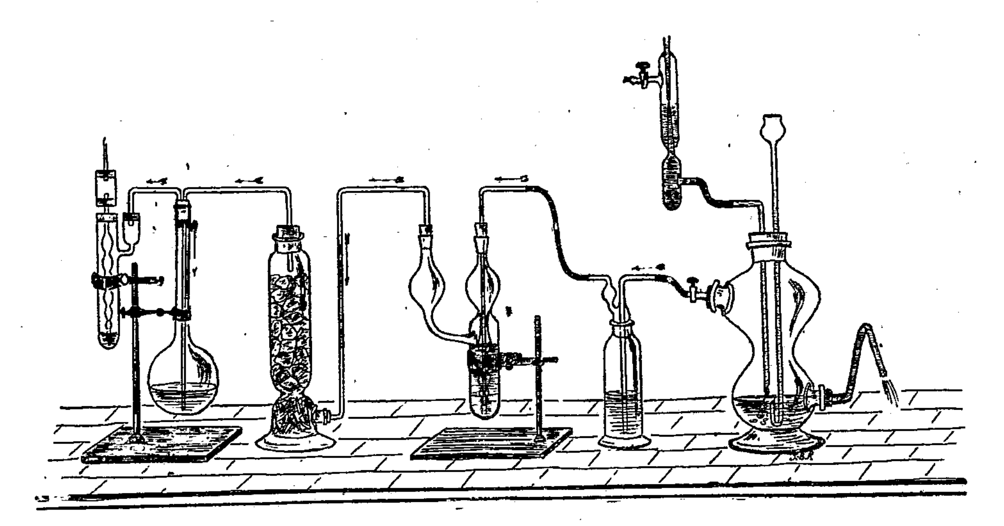
---

([1]) Guignard, *Comptes rendus*, 5 mars 1906. — Kohn-Abrest, *Comptes rendus*, 5 mars et juillet 1906. — Guignard, *Revue de Viticulture*, 1906. — Kohn-Abrest, *Annales d'Hygiène et de Médecine légale*, 1906.

([2]) Nous avons remplacé le réservoir à eau de 30^l de M. Chelle par un système peu volumineux et fonctionnant à l'aide d'une trompe à eau dont le robinet d'aspiration reste ouvert et envoie ainsi, en permanence, dans un vase un mélange d'eau et d'air. L'eau s'écoule par une tubulure inférieure à niveau variable, l'air s'échappant à la partie supérieure, forme le courant d'air utile à l'expérience. Réalisé par L. Capus.

chauds, il y a lieu, dans ce cas, de tenir compte de la température ambiante et de ne pas dépasser une durée de macération de 4 heures lorsque la température atteindrait 37° à 40°

Au bout de ces délais, on adapte le ballon au restant de l'appareil, on garnit le bar-



boteur de Chelle de 1^{cm^3} d'une liqueur normale de potasse et l'on fait agir le courant d'air pendant 8 heures à raison de 20^l à l'heure. On effectue alors la recherche et le dosage de l'acide cyanhydrique fixé par la liqueur de potasse $\Big($acidulation par addition lente et ménagée d'eau de Seltz et dosage de l'acide cyanhydrique par liqueurs titrées d'iode $\frac{N}{10}$ ou, selon le cas, $\frac{N}{100}$: 1^{cm^3} de liqueur $\frac{N}{10}$ correspond à 0,00135 d'acide cyanhydrique$\Big)$.

On constate, après ces opérations, que le mélange d'eau et de matières végétales restées dans le ballon de l'appareil ne donne pas trace d'acide cyanhydrique lorsqu'on le distille à chaud en présence d'un excès d'acide.

Résultats. — Nous avons comparé alors les résultats obtenus par cette méthode avec ceux que l'on obtient en appliquant le procédé ordinaire de dosage de l'acide cyanhydrique dans les végétaux [1]. Ils sont consignés dans le Tableau ci-contre :

---

[1] E. KOHN-ABREST, *Comptes rendus*, 1906.

Dosage de CyH dans quelques variétés de *Phaseolus lunatus* L.
Comparaison des résultats obtenus par l'emploi des deux méthodes :
1° de distillation, 2° de déplacement à froid (sur 100g de graines).

Phas. lunatus, variétés ♃, origine :	1° par distillation CyH — libéré — d'abord par macération aqueuse.	1° par distillation CyH — libéré — puis par distillation en présence d'un excès de HCl.	1° par distillation CyH — total.	2° par déplacement. — CyH libéré.
	g	g	g	g
(A) Région de l'Itassy (Madagascar)....	0,0189	0,0067	0,0256	0,0200
(B) Pois du Cap panachés (Madagascar).	0,0040	0,0027	0,0067	0,0037
(C) Variété rouge (Java)...............	0,128	0,074	0,202	0,230
(D) Pois du Cap (Madagascar)..........	0,0044	0,0021	0,0065	0,0046
(E) Haricots du Kissy (Ht-Sénégal-Niger)	0,0018	0,0013	0,003	0,006
(F) Variété jaune très pale (Java)......	0,1614	0,0498	0,211	0,240
(I) Variété rouge-brun (Birmanie)....	0,0150	0,0026	0,017	0,017
(II) Variété rouge (Birmanie)..........	0,010	0,003	0,013	0,009
(III) Variété rouge-brun (Java).........	0,0486	0,0108	0,059	0,065
(IV) Variété rouge-acajou (Java)........	0,042	0,006	0,048	0,067
(V) Variété blanche (Birmanie)........	0,009	0,003	0,012	0,012
Manioc.				
Rac. Manioc de Guinée............	0,0035	0,0015	0,005	0,007

L'examen de ce Tableau montre que la concordance des résultats obtenus par les deux méthodes n'est pas toujours parfaite, mais elle reste pratiquement suffisante.

Nous pensons que ce procédé, d'une application facile, permettra d'éviter les difficultés qui résultent de la formation des mousses (1) et les inconvénients possibles d'un chauffage trop prolongé.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les trajectoires d'orage et leur dédoublement.* Note de M. A. **Baldit**, présentée par M. Bigourdan.

Lorsqu'on cherche à étudier la propagation des phénomènes orageux et à tracer les lignes isochrones d'orage ou isobrontes, on se heurte à des difficultés souvent inextricables.

Par exemple, dans le cas fréquent des orages d'été sans gradient baromé-

(1) S'il arrivait exceptionnellement que le mélange tende à mousser, il suffit d'arrêter l'opération pendant environ un quart d'heure.

trique appréciable, l'orage éclate à peu près à la même heure sur de vastes étendues. Il est composé d'un grand nombre d'orages locaux, et, si l'ensemble se déplace suivant une direction assez bien déterminée, on conçoit qu'il ne puisse pas être question d'isochrones. Tout au plus peut-on suivre, à l'aide d'un réseau d'observations très serré, la marche généralement brève de chacun des foyers partiels.

Dans le cas des grains orageux, l'isobronte est mieux définie puisqu'elle coïncide avec la ligne de grain dont le tracé est susceptible d'une précision relativement grande. Mais, tandis que la ligne de grain peut être considérée comme continue, ainsi que l'ont montré les travaux de Durand-Gréville, la ligne isochrone d'orage peut présenter des lacunes, ou, même, n'être composée que d'une série de points isolés. Tout dépend de l'état de préparation de l'atmosphère.

Lorsque la préparation orageuse est complète dans toute la zone balayée par la ligne de grain, l'orage éclate au même moment tout le long de cette ligne, et l'isochrone d'orage est continue. Lorsque les conditions ne sont favorables que suivant certaines lignes ou en certains points, l'isochrone est discontinue. L'orage peut suivre ainsi des trajectoires qui sont les lignes le long desquelles la préparation orageuse est complète. Et si, à un moment donné, ces lignes bifurquent, l'orage se dédouble. De même deux orages peuvent se réunir en un seul.

Ce cas de dédoublement est bien connu. Dans sa formation, le relief, la nature géologique du sol, la nature de la végétation, en un mot les facteurs géographiques jouent un rôle important.

Un autre cas de dédoublement sur lequel l'attention n'a pas été, à notre connaissance, particulièrement attirée jusqu'ici, tient à des causes tout à fait différentes. Il peut se définir ainsi : à mesure que le front orageux progresse, l'orage se dédouble, quelles que soient les conditions géographiques.

L'examen d'un certain nombre de cas nous permet de conclure que ce dédoublement se produit lorsque l'état atmosphérique étant déjà orageux, mais n'ayant pas encore évolué, ou ne pouvant évoluer jusqu'à l'orage, une ligne de grain arrive.

Le passage de la ligne de grain produit un double effet. Il complète la formation orageuse déjà amorcée, et il provoque des orages propres. Les nuages orageux inachevés au moment de l'arrivée du grain finissent de se développer à la faveur du supplément de mouvement ascendant que leur procure le grain, et ils continuent à se mouvoir, en donnant de l'orage, dans une direction voisine de leur direction première, tandis que les orages

provoqués par le grain ont leur direction de déplacement spéciale, indépendante de la première.

Il est d'ailleurs difficile de préciser ces directions, car elles dépendent de l'épaisseur des couches atmosphériques intéressées, de leurs mouvements, de l'intensité des mouvements ascendants. Il est probable qu'il y a au même moment deux étages orageux.

Dans le cas extrême où les courants atmosphériques avant le grain ont, dans toute la hauteur, une direction identique, et identique à celle des courants dans la masse du grain, l'orage peut se dédoubler, mais les trajectoires ont même direction, et l'observation est difficile. Au contraire, si les courants inférieur et supérieur divergent entre eux et divergent avec ceux du grain, on a l'effet maximum : les deux trajectoires font un angle très prononcé.

C'est précisément ce qui s'est produit dans un cas typique que nous avons pu étudier avec quelque détail dans la région Clermont-Ferrand, Le Puy-en-Velay, Lyon.

Le 22 juin 1922, le temps est à tendance orageuse dès le matin. A la station de Bron, près de Lyon, on note la formation de cumulus orageux à partir de 10^h. Et cependant au début de l'après-midi, aucun d'eux ne s'est encore complètement développé. Le voile supérieur du nuage commence à se former, mais il ne gagne pas de hauteur, il s'étale avant son développement. Même constatation au Puy. La direction du vent est de Nord jusqu'à 3000^m environ, puis elle incline vers le Nord-Ouest et l'Ouest. La situation barométrique ne semble pas favorable aux orages.

A 15^h30, une ligne de grain apparaît passant par Clermont et Le Puy et progresse d'une direction sensiblement Sud-Ouest, c'est-à-dire perpendiculaire aux courants préexistants.

C'est au passage de cette ligne que s'observe le phénomène du dédoublement de l'orage. Dix stations réparties à peu près uniformément dans tout le département de la Haute-Loire le signalent avec une netteté qui ne laisse aucun doute (stations de Lorlanges, Brioude, Saint-Didier-sur-Doulon, Vernassal, Le Puy, Venteuges, Vorey, Monistrol-sur-Loire, Bas, Tence). Au Puy, l'orage s'annonce de l'Ouest par une masse noire, informe, puis, avant d'arriver sur la ville, il se divise en deux branches se dirigeant l'une vers le Sud, l'autre vers l'Est-Sud-Est. Un graphique précise cette division (M. Danthony). A Vorey, même remarque, et même graphique, avec des directions un peu différentes (M. Soulier). En certains points, les éclairs ou tonnerres des deux orages ont lieu en même temps, au sud et au nord du lieu d'observation (MM. Lagarde à Vernassal, Garnier à

Tence). A Bas le dédoublement s'opère au-dessus de la station elle-même (M. Boulhol).

Ainsi la division de l'orage a lieu au fur et à mesure de sa progression dans toute l'étendue du département de la Haute-Loire où nous possédons un réseau de stations assez dense. Il est probable que le même phénomène s'est produit également plus loin. Mais à mesure que la ligne progresse, l'état orageux préexistant devient de moins en moins net, par suite de l'heure plus tardive. Le premier groupe d'orages peut donc disparaître, et il ne reste plus que les orages occasionnés par la ligne de grain. C'est ce qui semble s'être produit à Bron vers 18^h.

Si le cas du 22 juin est frappant, cela tient, ainsi que nous l'avons fait remarquer, à la divergence des courants. D'autres cas moins nets s'observent plus fréquemment, mais il faut, pour les suivre, un réseau de stations particulièrement dense.

Cette seconde cause de division des orages que l'on peut appeler dynamique, se distingue nettement de la première. Toutefois, en examinant la question avec attention, on conçoit qu'il puisse y avoir des cas où les deux influences interviennent, et qu'il est difficile de tracer une frontière toujours très bien marquée entre les deux catégories de phénomènes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les propriétes de la loroglossine et sur ses produits de dédoublement : glucose et loroglossigénine.* Note de MM. **Marc Bridel** et **Pierre Delauney**, présentée par M. L. Guignard.

La loroglossine est le glucoside existant dans les tiges foliées du *Loroglossum hircinum* Rich. Elle a été extraite de cette plante pour la première fois, en 1919, par Bourquelot et Bridel [1], qui n'en ont donné que quelques propriétés.

L'un de nous (P. Delauney) a extrait depuis la loroglossine de 16 espèces d'Orchidées indigènes appartenant aux genres *Orchis*, *Ophrys*, *Cephalanthera*, *Epipactis* [2].

---

[1] *Application de la méthode biochimique à l'étude de plusieurs espèces d'Orchidées indigènes. Découverte d'un glucoside nouveau, la loroglossine* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 20, 1919, p. 81 et 118).

[2] *La loroglossine, glucoside du* Loroglossum hircinum *Rich.; sa présence dans diverses espèces d'Orchidées indigènes* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 3, 1921, p. 238); *Sur la présence de la loroglossine dans onze nouvelles espèces d'Orchidées indigènes* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 398).

Nous avons repris l'étude de la loroglossine et nous avons caractérisé ses produits de dédoublement : glucose et loroglossigénine.

La loroglossine, séchée à l'air, renferme 6,26 pour 100 d'eau qu'elle perd à + 50° dans le vide, sans subir d'altération. Elle n'a pas de point de fusion net. Anhydre, elle commence à se rétracter à + 133°,5 (corr.) et devient transparente en se collant sur les parois du tube à + 143°,4 (corr.).

Le pouvoir rotatoire de la loroglossine anhydre, en solution aqueuse, a été trouvé de

$$\alpha_D = -45°,65.$$

$$p = 0,4016; \quad v = 20; \quad l = 2; \quad \alpha = -1°50'.$$

La solution aqueuse de loroglossine possède la propriété de mousser fortement par agitation.

L'extrait de Saturne ne précipite pas la loroglossine de sa solution aqueuse.

L'analyse organique a donné les résultats suivants :

1° 0g,2545 de loroglossine anhydre ont donné 0g,4935 d'acide carbonique et 0g,1437 d'eau. Soit :

C...........................	52,09 pour 100
H...........................	6,27 »

2° 0g,2353 de loroglossine anhydre ont donné 0g,4513 d'acide carbonique et 0g,1347 d'eau. Soit :

C...........................	52,29 pour 100
H...........................	6,36 »

La détermination cryoscopique du poids moléculaire a été faite en solution aqueuse :

Loroglossine anhydre................	0g,4016
Eau................................	19,6529
Loroglossine anhydre pour 100g d'eau..	2,0434

$$A = 0°,05, \quad \text{d'où} \quad M = 18,5 \times \frac{2,0034}{0,05} = 756.$$

Étant donné le faible abaissement du point de congélation, ce chiffre de 756 ne peut être qu'approximatif.

On peut proposer pour la loroglossine la formule $C^{30}H^{42}O^{18}$.

	Calculé pour $C^{30}H^{42}O^{18}$.	Trouvé.
Poids moléculaire......	688	756 (?).
C pour 100............	52,32	52,09; 52,29
H »	6,10	6,27; 6,36

L'hydrolyse de la loroglossine peut être représentée par l'équation

$$C^{30}H^{42}O^{18} + 2H^2O = 2C^6H^{12}O^6 + C^{18}H^{22}O^8.$$

La loroglossine fournirait ainsi 2^{mol} de glucose représentant une proportion de 52,32 pour 100. Bourquelot et Bridel ont trouvé 51,41 pour 100.

Produits de dédoublement : glucose et loroglossigénine. — Le glucose a été caractérisé en combinant à l'alcool méthylique, sous l'action de l'émulsine, le sucre réducteur formé par l'hydrolyse sulfurique de la loroglossine. Le méthylglucoside β a été obtenu à l'état cristallisé en lames carrées caractéristiques. Son pouvoir rotatoire était de $\alpha_D = -30°,18$ ($p = 0,1005$; $v = 7$, $l = 2$, $\alpha = -52'$).

L'autre produit de dédoublement, que nous proposons de nommer *loroglossigénine* pour rappeler son origine, ne peut pas être obtenu à l'état cristallisé par hydrolyse sulfurique : l'acide l'altère au fur et à mesure de sa formation. Au contraire, l'émulsine dédouble la loroglossine sans altérer la loroglossigénine. Nous avons obtenu la loroglossigénine à l'état cristallisé en hydrolysant par l'émulsine la loroglossine en solution dans l'alcool méthylique à 50 pour 100 en poids.

La loroglossigénine forme des cristaux présentant l'aspect de feuilles de fougère. Elle possède une odeur très agréable de foin coupé. Elle fond au bloc Maquenne à + 77°. Elle est très soluble dans l'éther et dans le chloroforme, peu soluble dans l'éther de pétrole. L'eau chaude la dissout également. La solution aqueuse de soude à 5 pour 100 la dissout facilement à froid. En solution aqueuse, elle se colore en violet très faible par addition de perchlorure de fer dilué.

La loroglossigénine en poudre donne avec l'acide sulfurique concentré, à froid, sensiblement la même coloration rouge groseille que la loroglossine.

La loroglossigénine n'est pas réductrice.

La minime quantité de loroglossigénine que nous avons obtenue ($0^g,10$ environ) ne nous a pas permis de déterminer ni sa composition centésimale ni son poids moléculaire, mais nous avons l'intention de continuer cette étude dès que nous aurons pu en préparer une nouvelle quantité.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la concentration en sels de l'eau de mer sur l'assimilation des Algues vertes.* Note de M. C. **Fromageot**, présentée par M. Henneguy.

Les variations de concentration en électrolytes d'un milieu tel que l'eau de mer provoquent des modifications dans la teneur en sels des cellules qui y sont plongées. J'ai cherché quelle influence ces changements pouvaient exercer sur l'intensité de la photosynthèse.

Technique. — De l'eau de mer est, par évaporation, réduite à moitié de son volume initial; pour éviter les précipitations, on ajoute de temps en temps, pendant la concentration, un peu d'eau de Seltz en présence de phénolphtaléine. L'eau de mer, ainsi réduite et rendue acide par addition d'eau de Seltz est ramenée au P_H de l'eau de mer normale par quelques gouttes de soude $\frac{N}{10}$. A cette eau de mer concentrée, on ajoute des quantités croissantes d'eau de mer normale, de façon à avoir des solutions à points de congélation échelonnés. Pour avoir des Δ plus faibles que celui de l'eau de mer normale, on dilue celle-ci avec de l'eau distillée à P_H soigneusement rectifié, comme il vient d'être dit.

Les expériences sont faites sur l'Ulve (*U. lactuca*). Je découpe le thalle de cette Algue en rectangles aussi semblables que possibles, de $6,5 \times 3^{cm},5$. Ces rectangles sont placés dans des flacons de verre bien blanc, carrés, bouchés à l'émeri, soigneusement tarés, et remplis d'eau de mer plus ou moins concentrée. Le tout est exposé à la lumière du jour pendant deux heures. Le dégagement d'oxygène est déduit de dosages effectués par la méthode de Winkler.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Δ des solutions.	Centimètres cubes d'oxygène dégagés par heure.				
	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.	Moyenne.
0°,03	0	1,49	1,73	2,98	1,3
0,67	»	»	2,96	3,01	2,43
1,30	1,74	2,4	3,62	3,65	2,85
1,94	2,58	2,72	4,6	3,94	3,46
2,80	2,66	2,91	4	4,15	3,43
3,39	1,17	2,26	3,6	4	2,76
4,20	0,54	1,82	2,2	3,18	1,93

On voit ainsi nettement que :

1° L'intensité de la photosynthèse varie très sensiblement avec la concentration du milieu.

2° Il y a une concentration saline optima pour la photosynthèse, et cette concentration est précisément celle de l'eau de mer ($\Delta = 1°,94$).

3° L'assimilation est encore très notable dans l'eau presque pure.

Ajoutons que, dans ces conditions, la respiration ne subit qu'une très faible modification.

Si l'on admet qu'il y a un équilibre entre l'état colloïdal et la teneur en électrolytes de la cellule, on peut penser, en faisant varier la concentration en sels du milieu, modifier la structure du protoplasme dont les diverses fonctions sont alors atteintes dans la mesure où elles dépendent de cette structure. La photosynthèse subit, du fait de changement dans la concentration en sels du milieu, des altérations notables. Ceci est une nouvelle preuve du rôle actif que la constitution intime du protoplasma joue dans cette réaction.

BOTANIQUE. — *La nature de la perle de noix de coco et sa formation.* Note de M. **F. W. T. Hunger**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans la cavité de l'endosperme de la graine de *Cocos nucifera*, il peut se former une concrétion locale, à laquelle on a donné le nom de « perle de coco » et que l'on doit considérer comme un phénomène très remarquable et rare.

Une pareille perle est le plus souvent piriforme ou ovoïde, parfois presque globulaire et elle a une surface lisse qui généralement est de couleur blanche comme du lait; sa composition chimique présente assez d'analogie avec la perle d'huître, mais elle en diffère, dans son aspect par le manque d'éclat nacré.

Jusqu'à ce jour, malgré quelques données sommaires fournies par Rumphius, Bush, Dr Riedel et Skeat, on ne sait rien de la nature d'une pareille perle ni de la façon dont elle prend naissance : les observations qui suivent sont destinées à jeter quelque lumière sur ce problème intéressant.

Dans la noix de coco, il peut se présenter exceptionnellement le cas qu'au lieu de trois pores germinatifs il n'y en a que deux, savoir un *porus pervius* et un seul *porus cæcus;* et même, dans des cas très rares, la réduction peut aller plus loin, de sorte qu'il n'y a plus que le *porus pervius* et que les deux *pori cæci* manquent complètement. Une noix de coco qui se trouve dans ces conditions peut évidemment germer encore normalement.

Mais il en est autrement lorsqu'il n'y a même plus de *porus pervius;* dans

ces conditions, on ne distingue plus du tout de pores germinatifs à la base de l'endocarpe, ce qui peut se présenter dans des cas extrêmement rares.

Une pareille noix de coco porte le nom de « Kĕlapa bouta » (Mal.) ou « Klâpâ bountĕt » (Jav.), ce qui signifie « noix de coco aveugle ».

Ainsi que je viens de le dire, l'existence d'une noix de coco sans pores germinatifs est tout à fait exceptionnelle, il résulte de là que dans la croyance des Mahométans elle est entourée d'une auréole de sainteté. Le Kĕlapa bouta est un talisman (tjimat) « par excellence », et pour cette raison il est très difficile d'en devenir possesseur.

Le Kĕlapa bouta me fournissait un exemple d'un fruit dont la germination naturelle est rendue impossible d'une façon naturelle. Aussi ai-je fait tout mon possible pour m'en procurer quelques exemplaires.

Finalement je réussis à recueillir de toutes les parties de notre archipel huit noix aveugles encore closes. Deux noix provenaient de Bornéo méridional, une de Halmaheira, une de Cérame, une de la Nouvelle-Guinée septentrionale, une de la Nouvelle-Guinée méridionale, unc des îles Aroë et une des îles Fanimber; je les ai recueillies toutes personnellement sur place.

La plupart de ces exemplaires étaient de très vieux fruits, dont quelques-uns avaient été conservés, au dire de leurs possesseurs, pendant des dizaines d'années comme reliques de famille.

Les quatre premières « boutas » que j'ouvris ne donnèrent rien, mais dans la cinquième, je trouvai en effet une magnifique perle, encore fixée; les deux suivantes donnèrent de nouveau un résultat négatif; quant au huitième exemplaire je l'ai laissé intact jusqu'ici.

La noix de coco dans laquelle je trouvai la perle encore fixée, je l'avais achetée d'un vieil indigène à Ritabel (Larat), une des îles Fanimber dans les Moluques; d'après son possesseur elle avait été cueillie assez récemment. Il en devait bien être ainsi, car la couche d'albumen était encore parfaitement normale, alors que dans les autres fruits l'endosperme était fortement desséché, ou même transformé en partie en une masse pulvérulente brune.

La perle était fixée sans la moindre formation de pédoncule, mais était enfoncée dans la masse de l'albumen et pouvait être détachée assez aisément de l'endosperme. Elle était placée exactement à la base du fruit, immédiatement au-dessous de l'endroit où les pores germinatifs auraient dû se trouver, ce qui s'accorde donc parfaitement avec les déclarations mentionnées ci-dessus.

De cette découverte, on peut conclure, à mon avis, que la perle de coco représente effectivement un haustorium pétrifié, qui a subsisté après

que le premier commencement de la germination s'était arrêté, parce que la plumule, dans son développement, n'avait pas eu l'occasion de traverser l'endocarpe, par suite de l'absence de *porus pervius*. L'endocarpe du Kĕlapa bouta restant hermétiquement fermé, l'haustorium, à peine fermé, s'est incrusté de sels de chaux sous l'action du liquide contenu dans la noix, mais je ne m'explique pas encore comment la perle de coco se compose presque entièrement de carbonate de calcium, alors que ni l'endosperme de la noix, ni l'eau de coco ne contiennent ce sel.

L'idée qu'un Kĕlapa bouta doit nécessairement contenir une perle de coco est suffisamment infirmée par le fait que sur sept exemplaires de noix aveugle que j'ouvris, il n'y en avait qu'un seul où je trouvai une concrétion. Par contre, il me paraît bien probable que le Kĕlapa bouta se prête particulièrement (ou exclusivement?) à la formation d'une perle de coco.

La nature et la formation de la perle de coco comme germe pétrifié peuvent être considérées, sans doute, comme l'analogue, en botanique, d'un phénomène connu dans la pathologie animale et humaine, la pétrification ou la momification de l'embryon, indiquées respectivement par les noms de Lithopædion ou Lithoterion.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la transformation de l'ammoniaque en engrais.* Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai signalé dans une Note précédente [1] le grand intérêt que présente la transformation de l'ammoniaque synthétique en chlorure d'ammonium à l'aide du chlore perdu en immenses quantités dans l'industrie de la soude Solvay. La valeur de ce chlorure en agriculture n'est plus contestée aujourd'hui : d'après de nombreux essais faits en France, Angleterre et Allemagne, elle est, à quantité d'azote égale, exactement équivalente à celle du sulfate.

J'insistais également dans cette Note sur un mode de préparation particulièrement intéressant adapté de l'élégant procédé de Schreib. On précipite alternativement et — théoriquement — indéfiniment *au sein du même liquide*, le bicarbonate de soude à l'aide de l'acide carbonique, puis le chlorure d'ammonium par un refroidissement à $+5^\circ$ que procure gratuitement le froid énorme produit par l'évaporation de l'ammoniaque anhydre de la synthèse sous hyperpression.

---

[1] *Comptes rendus*, 19 mai 1919.

Cette méthode a été mise au point en demi-grand, et nous nous occupons actuellement des essais d'une installation que nous espérons capable de 10 tonnes de chlorure d'ammonium et de 10 tonnes de carbonate de soude par jour.

La présente Note a pour objet de signaler qu'il est possible de remplacer dans ce procédé le sel marin par la sylvinite, mélange de chlorures de potassium et de sodium. On sait en effet que la potasse, au contraire de la soude, ne précipite pas par CO^2.

Le sel marin nuisible de la sylvinite est donc précipité par l'acide carbonique tandis que le chlorure de potassium reste en solution avec le chlorure d'ammonium et, dans les opérations successives, cristallise avec lui.

Si l'on remarque qu'au lieu de chlore gratuit, comme tout à l'heure, on dispose ici, grâce à la sylvinite, de sel gratuit, c'est-à-dire tout ensemble de chlore gratuit et de soude gratuite, il en résulte que l'on atteint d'un coup ce triple résultat :

1° D'échanger dans la sylvinite le sel marin nuisible contre du chlorure d'ammonium utile, et d'obtenir ainsi un engrais à double détente, à la fois azoté et potassique.

2° De transformer l'ammoniaque en engrais à l'aide de chlore gratuit.

3° D'obtenir le carbonate de soude à l'aide de soude gratuite.

PHYSIOLOGIE. — *L'énergie nerveuse motrice du cœur et la nature de la contraction du myocarde.* Note de M. J. ATHANASIU, transmise par M. Ch. Richet.

Nous avons montré dans nos recherches antérieures [1] comment l'étude du courant d'action des muscles du squelette et celui du système nerveux cérébro-spinal conduit à la connaissance de la forme de l'énergie nerveuse motrice, que ce système développe pendant les mouvements volontaires. La même méthode nous a servi pour étudier l'énergie nerveuse motrice du cœur. Dans ce but nous avons inscrit le courant d'action du myocarde, en fixant nos électrodes exploratrices directement sur cet organe.

Nos expériences ont été faites sur le chien, préalablement anesthésié avec un mé-

[1] J. ATHANASIU, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 56, 114 et 181; *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. 22, 1923, p. 1, 15 et 37.

lange de chloral et de chloralose, puis curarisé; la température de l'animal a été constamment maintenue à 38°-39°. Comme électrodes impolarisables nous avons employé concurremment soit les électrodes de d'Arsonval, dont les mèches en coton étaient fixées au myocarde par des points de suture, soit des électrodes en or (fil de $0^{mm},4$ de diamètre) piquées dans la masse du myocarde et isolées à l'extérieur par un mince tube en caoutchouc.

Sur les oreillettes l'une des électrodes est fixée à la base et l'autre au bord de l'auricule; sur les ventricules, une à la base et l'autre à la pointe.

Pour rendre plus nettes les oscillations du galvanomètre, dues au courant d'action de ces différentes régions du cœur, nous avons intercalé dans le circuit un amplificateur, constitué par deux lampes à trois électrodes. Les indications du galvanomètre, avec cet amplificateur dans le circuit, ont été soumises aux épreuves de fidélité que nous avons décrites antérieurement [1].

Les figures 2, 3 et 4 sont des électrocardiogrammes directs de l'oreillette droite, du ventricule gauche et du ventricule droit. Comme élément de comparaison nous donnons en outre (*fig.* 1) un électrocardiogramme indirect pris sur la dérivation : patte antérieure gauche et postérieure droite du chien.

Tout d'abord il apparaît nettement que l'électrocardiogramme direct (*fig.* 2) présente les mêmes grandes inflexions P, Q, R, S et T décrites sur tous les électrocardiogrammes indirects, mais il présente en outre sur les inflexions Q, R et S des oscillations que nous appellerons *secondaires*. Ces oscillations existent aussi bien sur les tracés des ventricules que sur celui de l'oreillette, mais elles n'ont pas toutes la même amplitude. Il y en a de grandes et de petites comme sur l'électromyogramme volontaire. Les grandes représentent les courants d'action des secousses du myocarde, les petites le courant d'action qui accompagne l'énergie nerveuse motrice.

Celle-ci est donc de nature vibratoire, dans le myocarde comme dans les muscles de la vie de relation. Nous avons estimé la fréquence vibratoire entre 500 et 800 par seconde.

L'absence des oscillations secondaires sur l'électrocardiogramme indirect est due, assurément, à une déperdition à travers la masse des tissus que le courant d'action du cœur doit traverser dans ce cas; ce qui le prouve, c'est qu'on les retrouve dans l'électrocardiogramme pris sur le péricarde. L'électrocardiogramme direct de l'oreillette présente aussi de grandes inflexions que nous désignerons par les lettres L, M, N, O et V. L'inflexion V est due

---

(1) J. ATHANASIU, *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. 22, 1923, p. 37.

au ventricule droit comme dans le tracé ventriculaire l'inflexion P est due à l'oreillette.

La présence d'oscillations secondaires sur les électrocardiogrammes

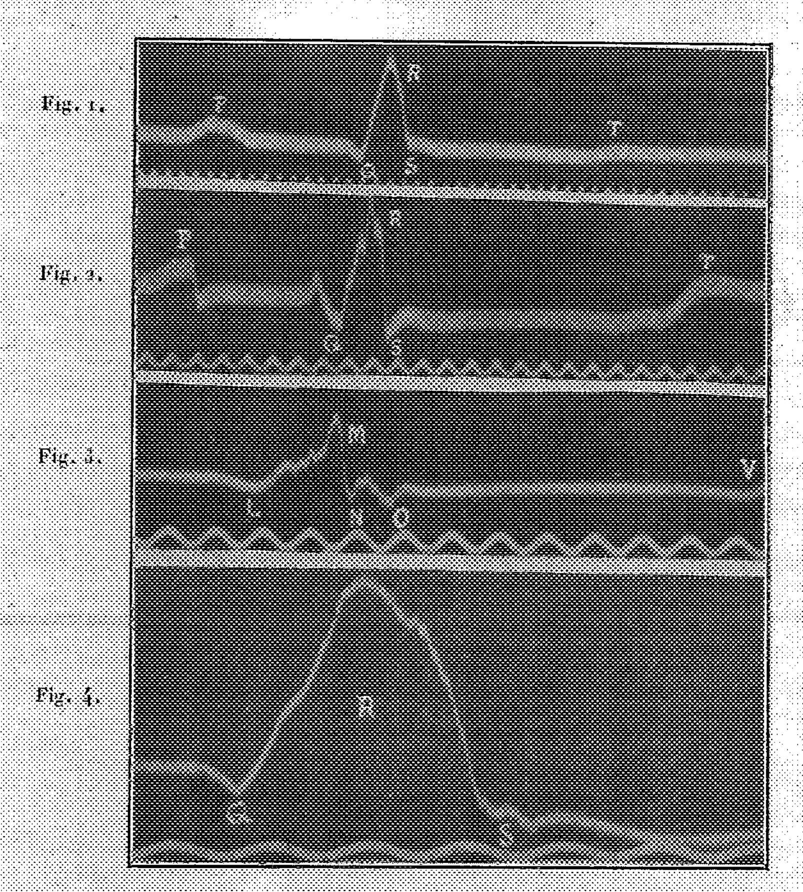


Fig. 1. — Électrocardiogramme indirect = patte antérieure droite et postérieure gauche du chien. Corde en verre argenté, $2^{\mu},5$. R = 9000 ohms. Tension 1^{cm} pour $0^{v},001$.

Fig. 2. — Électrocardiogramme direct. Ventricule gauche du chien. Corde en verre argenté, 3^{μ}. R = 10000 ohms. Tension = 1^{mm} pour $0^{v},001$. Grossissement 1000 fois.

Fig. 3. — Électrocardiogramme direct. Oreillette droite du chien. Même corde que dans la figure 1. Tension = 1^{mm} pour $0^{v},001$. Amplificateur dans le circuit.

Fig. 4. — Électrocardiogramme direct. Ventricule droit du chien. Même corde que dans la figure 1. Tension = $0^{mm},8$ pour $0^{v},001$. Amplificateur dans le circuit. Temps en centièmes de seconde.

directs nous autorise à faire un rapprochement entre la contraction du myocarde et celle des muscles du squelette. Comme ceux-ci le myocarde reçoit un excitant nerveux de forme vibratoire qui agit pendant la première phase d'activité, correspondant aux inflexions Q, R et S du ventri-

cule et L, M, N et O de l'oreillette. Durant cette phase la contraction du myocarde est d'allure tétaniforme comme celle des muscles du squelette; elle donne naissance aux pressions intra-auriculaire et intra-ventriculaire. Pendant la seconde phase d'activité, comprise entre les inflexions S et T du ventricule, O et V de l'oreillette, la contraction du myocarde a le caractère d'une secousse de très longue durée pendant laquelle le sang est expulsé hors des cavités du cœur (des oreillettes dans les ventricules et de ceux-ci dans les artères).

Ces électrocardiogrammes directs viennent à l'appui du rapprochement qu'on a déjà fait entre le cœur et une machine balistique. Comme dans celle-ci il faut distinguer dans le travail du cœur deux périodes : une première période pendant laquelle la pression se développe dans les cavités cardiaques (inflexions Q, R, S du ventricule, L, M, N et O de l'oreillette) et une seconde période pendant laquelle le sang est projeté en dehors de ces cavités, et qui est comprise entre les inflexions S et T du ventricule, O et V de l'oreillette.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Antagonisme des radiations. Conséquences physiologiques et thérapeutiques.* Note (¹) de MM. CHARLES BENOIT et ANDRÉ HELBRONNER, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note précédente (²) nous avons étudié l'action thérapeutique d'une lumière riche en rayons ultraviolets; depuis nous nous sommes efforcés d'élargir le champ d'action de ces radiations en utilisant concurremment les ultraviolets et les infrarouges.

Ces deux catégories de radiations agissent surtout par voie sanguine par influence superficielle sur les tissus, d'où répercussion sur l'organisme entier, mais leurs effets spécifiques sont bien différents.

Les ultraviolets, malgré leur faible pénétration, agissent sur le sang des capillaires superficiels; leur effet est caractérisé par l'augmentation des globules rouges, des lymphocytes, de l'oxygène dissous et de l'oxygène fixé sur les globules rouges.

Les infrarouges sont au contraire pénétrants; cette pénétration varie suivant leur incidence, l'effet maximum est obtenu en faisceau convergent;

(¹) Séance du 15 octobre 1922.

(²) *Comptes rendus*, octobre 1917.

ils provoquent dans les tissus une hyperémie intense avec diminution très nette des globules blancs.

Il s'agit, on le voit, d'effets non seulement différents, mais encore antagonistes; certains de ceux-ci ont d'ailleurs été signalés depuis longtemps déjà dans le domaine photographique par Daguerre et Villard (extinction par l'intrarouge du sulfure de zinc activé par l'ultraviolet): plus récemment Pech ([1]) a mentionné deux exemples fort intéressants de cet antagonisme.

En fait l'on peut dire que : *L'action respective des ultraviolets et des infrarouges revêt dans le domaine physiologique comme dans le domaine physique un caractère d'antagonisme.*

a. En effet en faisant agir à la fois l'infrarouge et l'ultraviolet nous avons constaté que l'efficacité et la puissance de celui-ci est d'autant plus faible que la proportion progressive d'infrarouge devient plus considérable.

b. Si après une irradiation en ultraviolet ayant provoqué l'érythème, nous irradions en infrarouge la moitié de la surface de celui-ci, l'érythème et les lésions disparaissent sur la surface traitée et subsistent sur l'autre.

c. Si un malade s'est trouvé trop longtemps exposé à un bain général d'ultraviolet et présente par suite des phénomènes d'intolérance (vertiges, céphalies, palpitations), ces accidents disparaissent par l'action infrarouge subséquente.

Cet antagonisme physiologique permet de considérer l'action thérapeutique d'une lumière visible comme *la résultante de deux composantes à effets contraires* (rayons à courtes et grandes longueurs d'onde).

Il convient donc dans la pratique de bien connaître la nature de la lumière employée, une partie des radiations émises pouvant diminuer grandement l'effet des autres; vraisemblablement les anomalies de l'héliothérapie proviennent d'une connaissance insuffisante de *toute* la gamme des radiations utilisées.

D'autre part, en considérant à la fois la proposition précédente et les actions spécifiques infrarouges et ultraviolettes mentionnées plus haut, on peut énoncer la deuxième proposition suivante :

Dans le domaine physiologique, l'action de l'irradiation ultraviolette est augmentée en intensité et rapidité par une irradiation infrarouge préalable; elle tend au contraire à être neutralisée par une irradiation infrarouge subséquente.

A priori, on pouvait penser que l'infrarouge provoquant une hyperémie

([1]) *Comptes rendus*, 25 mai 1920.

préalable intense permet ensuite à l'ultraviolet, en augmentant sa surface d'action, d'agir d'une façon plus énergique; pratiquement, les exemples *b* et *c* cités plus haut fournissent deux exemples où l'action ultraviolette (érythème et accidents divers) se trouve ensuite annihilée par l'action infrarouge.

L'exaltation de l'action ultraviolette par une irradiation infrarouge préalable s'est trouvée d'autre part vérifiée par nous d'une façon particulièrement intéressante dans le traitement de lupus graves qui peu influencés par la Finsenthérapie ou l'ultraviolet seul ont été guéris par irradiation conjuguée (infrarouge suivi d'ultraviolet).

En considérant les travaux de Villard relatifs à l'antagonisme photographique des rayons X et des rayons spectraux, et en nous appuyant sur les résultats précédents, nous avons examiné si, par analogie, l'infrarouge n'était pas dans le domaine physiologique un agent antagoniste des rayons X et si les radiodermites ne pourraient pas être prévenues ou guéries par l'infrarouge. Pour fixer nos idées à ce sujet nous avons entrepris de nombreux essais où après chaque irradiation X on a effectué une irradiation infrarouge lancée en faisceau rasant, c'est-à-dire parallèlement à la peau et perpendiculairement à la direction des rayons X, de telle sorte que cette irradiation infrarouge n'intéresse que les tissus superficiels sans toucher à l'effet profond des rayons X.

Dans ces conditions, on a obtenu les résultats suivants :

Aucun des nombreux malades traités par irradiations même prolongées avec irradiation infrarouge subséquente n'a présenté d'accidents.

A. Les cas de radiodermite dus aux rayons X traités dès leur début (maximum trois semaines) ont été guéris. La sédation des douleurs est rapide, la durée du traitement varie de six semaines à quatre mois.

B. Les cas de radiodermite datant de un à six mois ont été les uns (environ 30 pour 100) complètement guéris, les autres considérablement améliorés; l'érythème et parfois une télégiangectasie légère étant seuls à subsister.

C. Les cas de radiodermite datant de six mois jusqu'à plusieurs années ont été, en général, améliorés d'une façon très nette, mais les lésions ont subsisté même après six mois de traitement. Les indurations et les ulcérations ayant disparu ou diminué notablement, la télégiangectasie persistant avec rétraction des tissus.

D. L'état général fréquemment influencé par l'application des rayons X ultrapénétrants est heureusement modifié par l'irradiation superficielle des téguments par les infrarouges.

En résumé : l'infrarouge est un agent prophylactique des radiodermites pour l'opérateur et le patient; c'est également un agent de guérison de grande valeur mais dont l'efficacité devient moins absolue lorsque l'emprise irritative a évolué en une lésion organique à modifications cellulaires et vasculaires.

ZOOLOGIE. — *Sur un Poisson apode nouveau du golfe de Californie et sa biologie*. Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Bouvier.

Les Hétérocongridés sont des Poissons marins anguilliformes, au corps excessivement allongé et fort rares. Jusqu'à ces derniers temps on n'en connaissait que deux espèces appartenant au genre *Heteroconger* Bleeker, l'*H. polyzona* Bleeker, d'Amboine (Moluques) et l'*H. longissimus* Günther, des Canaries.

M. Herre dans un tout récent travail consacré aux Anguilles des Philippines (¹) vient de décrire un nouveau genre *Tænioconger*, pour une espèce qu'il appelle *T. Chapmani*, surtout remarquable par la présence de minuscules pectorales, nageoires qui font complètement défaut dans le genre typique de la famille. Or M. Léon Diguet avait rapporté du golfe de Californie, au Muséum de Paris, il y a longtemps déjà, deux spécimens de Poissons apodes mesurant respectivement 630^{mm} et 530^{mm} de longueur et restés non déterminés. L'examen de ces exemplaires montre qu'ils rentrent dans le genre récemment formé, mais constituent une espèce nouvelle qui peut être ainsi caractérisée :

Tænioconger Digueti nov. sp. — Le corps est extrêmement allongé, cylindrique en avant puis s'aplatissant un peu latéralement à la partie moyenne et postérieure; sa hauteur est comprise 63 à 106 fois dans la longueur totale, la longueur de la tête 22,5 à 29,5 fois. La queue fait 2 à 2,75 fois la longueur de la tête et du tronc réunis. La tête, petite, est contenue 7,5 à 7,75 fois dans la longueur jusqu'à l'anus. L'œil, relativement grand, est compris 4,5 à 5,5 fois dans la longueur de la tête. La bouche, oblique, garnie de petites dents coniques, est bordée de lèvres développées et s'étend jusqu'au-dessous du tiers antérieur ou du centre de l'œil. La mandibule est proéminente. Les narines sont bien séparées, l'antérieure, tubuleuse, sur la lèvre, à l'extrémité du museau, la postérieure près de l'œil. Juste en arrière de l'orifice branchial se trouve une petite pectorale. La dorsale, peu élevée, débute environ au-dessus de

(¹) A. Herre, *A Review of the Eels of the Philippine Archipelago* (*The Philippine Journal of Science*, t. 23, n° 2, août 1923, p. 152).

l'ouverture branchiale, l'anale commence immédiatement après l'anus; les deux nageoires se rejoignent en arrière de l'extrémité caudale, arrondie. La teinte générale est brunâtre.

La capture de M. Diguet présente un double intérêt :

D'abord elle étend considérablement la distribution géographique des singuliers Poissons que sont les Hétérocongridés, montrant que ceux-ci ne se trouvent pas seulement dans l'Atlantique et dans l'Ouest du Pacifique, mais aussi tout à l'est du Grand Océan, sans qu'il soit possible, pour l'instant, de relier entre eux ces trois habitats si éloignés, mais situés à des latitudes analogues.

D'autre part M. Diguet a pu faire sur place de curieuses remarques sur la biologie des Téniocongres. Ceux-ci ne se rencontrent que sur les fonds sablonneux d'Espiritu Santo, une des îles situées à l'entrée du golfe de Californie. Ils creusent dans le sable blanc et meuble, dans les endroits où la mer ne découvre pas, soit à environ 2^m de profondeur, des trous verticaux d'où lorsque l'eau est calme et le temps clair et ensoleillé ils sortent leur corps en presque totalité. On les voit généralement réunis par petits groupes d'une dizaine à une vingtaine d'individus, séparés les uns des autres par une distance de 30^{cm} et se balançant mollement par oscillations régulières. Ils simulent alors parfaitement certaines Algues brunes, fixées au fond et remuées par un faible courant. Très défiants, à la moindre alerte ou agitation de la surface de l'eau, les Téniocongres rentrent précipitamment en rétrogradant et ne réapparaissent à l'extérieur que quand la tranquillité est revenue. Les mouvements dont ils sont agités paraissent avoir surtout pour but de faciliter la capture des petites proies passant à leur portée et dont ils font leur nourriture habituelle.

Ces mœurs curieuses, non encore signalées, révèlent combien il est difficile de se rendre maître de ces Poissons et expliquent pourquoi ils sont demeurés jusqu'à ce jour si rares et si peu connus.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la zoophilie de certains moustiques et son application à la prophylaxie.* Note de M. J. LEGENDRE, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Poursuivant dans une station balnéaire bretonne mes études commencées en 1908 sur les relations trophiques des Culicides avec les animaux, j'ai observé pendant trois mois d'été les culicines et anophélines de la région à l'état de larves et d'imagos.

Les gîtes larvaires étaient des réservoirs d'eau : en bois, en pierre, en métal, un puits désaffecté ou, beaucoup plus rarement, de petites stagnations d'eau dans une dépression du sol. Les larves y grouillaient; dans un gîte de 1^{m^2} j'ai compté plus de 100 nacelles d'œufs de culicines.

Les espèces étaient *Culex pipiens* et *Anopheles maculipennis*, la première beaucoup plus fréquente; je n'ai rencontré l'anophéline que deux fois, en culture mixte avec la culicine dans un tonneau et une augette, à deux portes opposées sur cour et jardin d'une habitation située au milieu d'un village important.

Culex pipiens est une espèce domestique pondant près de l'homme; par contre, *Anopheles maculipennis* une espèce rurale qui pond d'ordinaire loin des agglomérations. C'est la rareté des gîtes, dans une région sans eau de surface, qui l'a contrainte à devenir domestique pendant la phase aquatique de son existence.

Sachant par des recherches antérieures que les moustiques de cette région ne piquaient jamais l'homme, et constatant dans les mœurs de ces espèces deux faits contradictoires : approche de l'homme au moment de la ponte, éloignement après l'éclosion, j'ai essayé de déterminer par l'observation sur quels animaux ces Culicides se nourrissent et, par l'expérimentation, de mesurer leur répugnance pour l'homme.

Des recherches presque quotidiennes dans la maison me permirent d'y capturer de rares culicines ovigères et seulement quatre femelles gorgées d'un sang qu'à l'examen microscopique j'ai reconnu être du sang à hématies nucléées, probablement d'oiseau, vu la rareté des reptiles, et d'oiseau sauvage car je n'ai jamais découvert de moustiques dans la basse-cour où logeaient quelques poules. Les moineaux et autres passereaux sont nombreux dans le pays.

Pour découvrir les refuges post-pupaux des nombreux moustiques qui sortaient des quatre gîtes au contact de la maison, je battis la haie du jardin sans résultat, d'où je suppose que des moustiques, après le repas du sang qui les alourdit, se tiennent assez haut sur les arbres, près des oiseaux.

Ayant passé, une nuit, une demi-heure près d'un gîte, au milieu d'un essaim de culicines, quelques-uns se posèrent sur mes mains et mes vêtements, mais aucun ne chercha à piquer. Les six personnes qui occupaient la maison ne furent à aucun moment importunées par les moustiques qu'on ne voyait, ni entendait. Une enquête m'a confirmé que les habitants ignorent l'existence des moustiques qui vivent à leurs portes.

Quant aux imagos d'anophélines, ni dans la maison, ni à l'extérieur, je n'en ai vu en liberté.

Ceci étant, je voulus savoir si, dans certaines conditions, ces diptères ne consentiraient pas à se nourrir sur l'homme. A trois reprises, en juillet et août, je pris une cinquantaine de pupes de culicine, chaque fois dans un gîte différent, et les portai dans une chambre où dormaient deux personnes. Mâles et femelles après l'éclosion se posent sur les murs où ils gardent l'immobilité, s'évadant les jours suivants sans avoir piqué les deux personnes exposées qui, en d'autres pays, avaient beaucoup souffert des culicines. Je n'ignore pas que, chez les jeunes femelles, la fécondation précède le premier repas de sang.

Une expérience analogue d'une durée de quatre jours en août, avec des anophélines, eut le même résultat négatif.

Ces recherches posent deux questions connexes : l'une de biologie générale, l'autre de prophylaxie. Au point de vue biologique elles démontrent la zoophilie fréquente du *C. pipiens*, zoophile strict dans la région bretonne, zoophile et androphile à Beyrouth (1).

Quant à *A. maculipennis*, qui se nourrit presque exclusivement sur le lapin domestique en Saintonge et en Provence (2), j'ignore sur quel animal sauvage il se nourrit en Bretagne où il est très rare.

Ces recherches prouvent, en outre, que la domestication forcée à l'état larvaire de l'espèce sauvage *A. maculipennis* ne l'a pas rendue androphile à l'état ailé et que *C. pipiens*, espèce domestique connue pour son androphilie, est devenue androphobe dans des conditions qui auraient dû entretenir son trophisme pour l'homme. Ces mutations alimentaires ne sont pas rares dans le règne animal, j'en ai signalé d'autres (3).

Au point de vue prophylactique, dans les régions où *C. pipiens* et *A. maculipennis* piquent l'homme, il conviendrait d'*introduire les mêmes ou d'autres espèces zoophiles pour établir entre zoophiles et androphiles*, *dans les eaux où ils se reproduisent*, *une concurrence vitale* qui n'aura que des avantages et aucun inconvénient. Les générations successives des zoophiles importés se répandront dans tous les gîtes. Dans ce but j'ai transporté en juillet, dans

---

(1) J. Legendre, *Rôle trophique des oiseaux à l'égard des Culicines* (*Comptes rendus*, 16 octobre 1922).

(2) J. Legendre, *Rôle du lapin domestique dans la nutrition de* A. macul. (*Comptes rendus*, 21 mars 1921); *Anophélisme et cuniculiculture* (*Comptes rendus*, 10 octobre 1921).

(3) J. Legendre, *Des mutations alimentaires chez quelques vertébrés et invertébrés; leur influence sur l'acclimatation et la pathologie* (*Revue d'Hygiène*, avril 1922).

une localité du Sud-Ouest où *C. pipiens* et *hortensis* sont androphiles, un lot important d'œufs et de larves du *C. pipiens* zoophile breton qui ont heureusement éclos. L'avenir dira la valeur de cette méthode, facile et jamais tentée jusqu'ici, de lutte anticulicidienne.

BIOLOGIE. — *L'existence et les conditions de la parthénogenèse chez un Isopode terrestre :* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius *Racovitza*. Note [1] de M. A. VANDEL, présentée par M. F. Mesnil.

Si l'hermaphrodisme a été signalé à maintes reprises dans l'ordre des Isopodes, la parthénogenèse y était jusqu'ici inconnue ou du moins mal établie. J'ai pu démontrer l'existence de la parthénogenèse chez une forme terrestre, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza, en me fondant sur les faits suivants :

1. *Proportion des sexes.* — Dans l'Europe septentrionale et moyenne, les mâles de *Sp. provisorius* sont extrêmement rares. C'est ainsi qu'aux environs de Port-sur-Saône (Haute-Saône), je n'ai trouvé, sur 1140 individus examinés, que 6 ♂ [2] (il faut noter que trois de ces ♂, c'est-à-dire la moitié du nombre total, ont été trouvés, le même jour, et au même endroit, ce qui diminue encore la moyenne générale). L'extrême rareté des mâles, constatée également par d'autres observateurs (en particulier, Graeve : 1 ♂ pour 200 ♀ près de Bonn), rendait très probable l'existence de la parthénogenèse chez cette espèce ; mais elle ne l'établissait pas de façon indiscutable. On aurait pu rendre compte de ces faits en admettant l'apparition éphémère de mâles disparaissant aussitôt après avoir fécondé les femelles.

2. *Examen des spermathèques.* — Les *Trichoniscus* du sous-genre *Spiloniscus* possèdent, annexée à l'oviducte, une *spermathèque* [3] qui, chez les formes bisexuées, est régulièrement remplie de spermatozoïdes avant la ponte. Chez les formes de l'Europe moyenne, cette spermathèque est toujours vide. C'est un second argument qui plaide en faveur de l'existence de la parthénogenèse chez les individus du nord de l'Europe.

---

(1) Séance du 15 octobre 1923.

(2) L'examen de ces mâles m'a permis de rapporter, avec certitude, les individus récoltés en Haute-Saône à *Sp. provisorius* Rac., espèce largement répandue en France, et qui est probablement identique — en partie, tout au moins — au *Trichoniscus pusillus* des auteurs.

(3) A ma connaissance, cet organe ne se rencontre chez aucun autre Isopode.

3. *Élevages.* — Les élevages constituent la seule méthode qui permette d'établir la parthénogenèse de façon indiscutable. J'ai institué des cultures *pedigree* en partant de femelles ovigères récoltées, pendant l'été 1922, soit aux environs de Paris, soit en Haute-Saône. Les jeunes, issus de ces femelles, ont été isolés dès leur naissance, à un stade où les organes génitaux ne sont pas développés. Au printemps 1923, ces jeunes devenus adultes, et appartenant tous au sexe femelle, ont donné naissance à des portées en tout point normales. *Tous* les individus mis en culture ont ainsi donné une ou plusieurs portées de 5-10 jeunes chacune. Ces élevages, poursuivis dans l'isolement le plus absolu, permettant d'affirmer que la parthénogenèse existe chez les *Spiloniscus provisorius* de l'Europe moyenne, et qu'elle constitue le mode de reproduction normal de ces animaux.

J'ai, d'autre part, examiné le sexe des jeunes produits par voie parthénogénétique et ai constaté que tous les individus appartenaient au sexe femelle (mes observations ont porté sur 95 individus). La parthénogenèse de ces Isopodes est donc une parthénogenèse *thélytoque* qui s'oppose à la parthénogenèse arrhénotoque des Hyménoptères et se rapproche de celle des Entomostracés (*Apus*, *Artemia*, *Cypris*), des Phasmes, etc.

Tel est le mode de reproduction de cette espèce dans le centre et l'est de la France. Mais, dans les régions méridionales, les conditions de la sexualité sont différentes. Aux environs de Toulouse par exemple, les deux sexes sont produits en nombre égal [1], et la fécondation est la règle. Des colonies de la *même espèce* se reproduisent donc, suivant les régions, soit par parthénogenèse, soit par voie bisexuée. C'est à ce fait que j'ai donné le nom de *spanandrie géographique* [2].

La parthénogenèse existe-t-elle chez ces formes méridionales? J'ai entrepris, pour trancher la question, des élevages *pedigree* conduits suivant la méthode précédemment indiquée. J'ai constaté que, chez les femelles isolées dès leur jeune âge, la maturation des œufs, la ponte, le développement des oostégites et de la cavité incubatrice [3] se produisent de façon

---

(1) Dans la nature, le nombre des mâles est toujours inférieur à celui des femelles (30 ♂ pour 100 ♀ à Toulouse), mais, dans les élevages, on obtient les deux sexes en nombre égal; cette différence est probablement en rapport avec la moindre longévité des mâles.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1742.

(3) Le développement des oostégites (et j'ai vérifié également ce fait chez *Ligidium hypnorum*) n'est donc pas en rapport avec la fécondation, comme le prétend Schöbl; il paraît dépendre de la maturation des œufs.

normale, mais les œufs ne se segmentent pas, et ne tardent pas à dégénérer. Au contraire, des femelles de même provenance, mais réunies à des mâles, ont donné naissance à des portées normales. Cette double expérience permet d'affirmer que la parthénogenèse n'existe pas chez les formes méridionales.

La discussion complète de ces faits dépasserait le cadre de cette Note. Je me bornerai aux remarques suivantes : 1° La parthénogenèse de *Spiloniscus provisorius* est une condition secondaire, dérivée de l'état bisexué, comme l'établissent, de façon indiscutable, l'existence de spermathèques chez les femelles parthénogénétiques et la persistance de quelques mâles dans les colonies septentrionales; 2° l'apparition de la parthénogenèse thélytoque a entraîné automatiquement (et cette remarque vaut non seulement pour les Isopodes, mais pour tous les cas analogues) la rareté puis la disparition quasiment complète des mâles; 3° *Spiloniscus provisorius* comprend deux races physiologiques, l'une parthénogénétique, l'autre bisexuée, qui ne se distinguent l'une de l'autre par aucun caractère morphologique, mais qui s'acheminent probablement vers la formation de deux espèces distinctes. Les conditions de la sexualité, chez cet Isopode, sont donc bien différentes de celles des Hyménoptères où les deux modes de reproduction coexistent chez le même individu; elles se rapprochent, au contraire, beaucoup de celles des *Artemia*, étudiées par Artom.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Utilité de la vitamine B et du lévulose dans la cure par l'insuline.* Note de MM. **A. Desgrez, H. Bierry** et **F. Rathery**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans le diabète, l'utilisation de plus en plus défectueuse des hydrates de carbone amène progressivement une série de troubles essentiels dont l'acidose est l'un des plus caractéristiques. Si l'insuline, à doses convenables et répétées, détermine, chez le diabétique acidosique, une élévation de la tolérance hydrocarbonée, et, comme corollaire, une baisse considérable de l'excrétion non seulement des corps cétoniques, acétone et acide acétylacétique (Banting, Campbell et Flechter), mais encore, comme nous l'avons montré [1], de l'acide β-oxybutyrique, elle n'en constitue pas moins une médication à effet passager et qui doit être constamment renouvelée.

---

(1) *Bull. Acad. de Médec.*, 17 avril 1923; *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1833 *Paris-Médical*, 15 septembre 1923.

Dès lors, il nous a paru tout indiqué de rechercher si l'on ne pourrait pas maintenir et favoriser cette influence passagère par un régime approprié.

Déjà, nous avons montré que cette action peut être utilement complétée par un régime équilibré. Dans de tout récents travaux, Eliott Joslin, puis Olmstead et Kahn ont également insisté sur la nécessité d'un régime adéquat pour le succès complet de la cure d'insuline.

Continuant nos recherches dans cette voie, nous nous sommes préoccupés de la qualité de certains éléments qui pourraient être introduits dans le régime.

C. Funk a déjà insisté sur le rôle favorable de la vitamine B dans le métabolisme des hydrates de carbone. Külz, Minkowski, etc. ont montré, d'autre part, que le *d*-fructose est éminemment apte à se transformer en glycogène chez le diabétique. Nous avons établi, chez ce même malade, le pouvoir anticétogénique marqué de ce sucre, de même que l'action favorable de la vitamine B. Il devenait naturel de se demander si l'introduction, dans le régime, du lévulose et de la vitamine B maintiendrait la tolérance hydrocarbonée accrue par l'insuline. Dans l'intervalle des injections de cette dernière substance, nous avons administré à nos diabétiques soit le facteur B, soit le lévulose, ou encore ces deux substances associées.

L'insuline provenant d'un même lot de pancréas a été isolée sous forme de poudre. D'autre part, nous nous sommes attachés à préparer une quantité importante de vitamine B suffisamment active, c'est-à-dire capable, à la dose de quelques centigrammes, de prévenir ou de guérir le béribéri expérimental du pigeon.

Les malades étaient soumis à un régime fixe adapté à chaque cas. Les analyses d'urine ont porté sur les éliminations journalières du glucose, des corps cétoniques, de l'acide β-oxybutyrique et de divers acides organiques. Nous donnerons, à titre d'exemple, quelques résultats concernant l'excrétion des « corps acétoniques », chez un jeune diabétique dont l'observation a duré 43 jours. Ce malade a été, pendant tout ce temps, soumis à un même régime, complémenté tantôt par du facteur B ($0^{g},50$ à 2^{g} par jour), tantôt par du lévulose (15^{g} à 20^{g}). On a fait, en tout, 5 injections d'insuline [1], de $0^{g},03$ chacune : une injection les 13e, 14e, 27e, 28e et 31e jour de l'expérience.

---

[1] Les solutions étaient isotoniques et présentaient un P_H égal à celui du plasma sanguin.

Malade P.	Corps cétoniques par 24h.	Acide β-oxybutyrique par 24h.
A. Après 4 jours de régime fixe..........	3g,60	43g,00
B. Régime fixe + fact. B (après 6 jours de ce traitement)......................	3,50	29,00
C. Régime fixe + fact. B (après 10 jours de ce traitement)......................	1,85	21,00
D. Régime fixe + lévulose (après la deuxième injection d'insuline)..................	1,65	17,70
E. Régime fixe + lévulose (3 jours après la deuxième injection d'insuline)...........	0,84	9,90
F. Régime fixe (3 jours après suppression du lévulose)........................	2,24	21,00
G. Régime fixe + fact. B (après 10 jours de ce traitement)......................	1,50	14,80
H. Régime fixe (après la quatrième injection d'insuline)..........................	1,05	5,80
I. Régime fixe (3 jours après la quatrième injection d'insuline)..................	1,08	13,00
J. Régime fixe (après la cinquième injection d'insuline).........................	1,40	6,30
K. Régime fixe (4 jours après la cinquième injection d'insuline)..................	3,40	26,00

L'élimination des autres acides organiques, dosés par la méthode de Palmer et Van Slyke modifiée, a suivi sensiblement celle de l'acide β-oxybutyrique, sans qu'il y ait parallélisme complet.

Notre tableau montre que l'action favorable de l'insuline sur l'acétonurie est de courte durée (2 à 3 jours), mais qu'elle peut être entretenue, par l'introduction dans le régime, du facteur B ou du lévulose. Dans ces conditions, une dose d'insuline (provenant d'un même lot de pancréas) s'est montrée plus efficace à la fin qu'au début du traitement.

En manière de contre-épreuve, on voit, en F, I et K, que la suppression du facteur B et du lévulose entraîne une augmentation rapide des corps acétoniques.

D'autres expériences nous ont donné des résultats identiques avec le facteur B et le lévulose associés.

Conclusions. — L'influence passagère de l'insuline peut être favorisée et prolongée par un régime équilibré.

D'autre part, l'adjonction à ce régime soit de vitamine B, soit de lévulose, ou du mélange de ces deux corps, permet d'espacer les injections d'insuline et de rendre mieux opérante une même dose de cette substance.

RADIOLOGIE. — *Sur la nature corpusculaire du rayonnement responsable du phénomène de nécrose, et sur l'épaisseur optimum des filtres.* Note [1] de Mme J. SAMUEL LATTÈS, présentée par M. G. Urbain.

Les mesures d'absorption relatives au phénomène de nécrose [2], produit par les rayons du radium, ont été reprises dans le but de reconnaître la nature des rayons responsables de la nécrose, et de préciser l'action du platine, employé comme filtre primaire, sur la composition de ce rayonnement.

A cet effet, le procédé de mesures déjà décrit a été repris : source constituée par une ampoule filiforme de 5mg,89 de Ra-élément; chambre d'ionisation, électroscope déjà décrits, etc. On y a adjoint, sur le trajet du rayonnement, un champ magnétique permettant d'écarter les rayons β de l'orifice d'entrée de la chambre. Un bloc de paraffine, percé d'un trou cylindrique de 12mm de diamètre, a été placé au-dessus de la source entre les pièces polaires, constituant avec celles-ci un canaliseur. Les pièces polaires étaient distantes de 15mm, les champs réalisés ont varié de 10 à 3000 gauss.

Dans ces conditions, le champ suffisant pour dévier les rayons β les plus rapides était de 1300 gauss. J'ai utilisé effectivement 1700 gauss, après avoir observé par mesure de sécurité qu'aucune variation ne se produisait par le passage du champ de 1700 gauss à celui de 3000.

A côté de l'effet produit par un champ fort tel que le précédent, il m'a paru convenable d'envisager aussi l'effet produit par un champ faible, de l'ordre d'une centaine de gauss, capable de dévier seulement certains rayons β peu rapides.

Le calcul montrait, en se reportant aux nombres donnés par Danysz [3], qu'un champ de 170 gauss était suffisant pour dévier les rayons des séries 1 et 2 du RaB, ayant pour vitesses respectives (en fraction de la vitesse de la lumière), 0,36 et 0,41; mais ce champ ne produisait aucun effet notable sur les rayons des séries suivantes qui sont beaucoup plus rapides. Je désignerai par abréviation l'ensemble des rayons β des séries 1 et 2, atteints par le champ faible, sous le nom de *rayons β mous*, les autres catégories constituant l'ensemble des *rayons β durs*.

Considérant d'abord le rayonnement sans aucune filtration primaire, j'ai mesuré, avec les champs 170 et 1800 gauss, l'intensité de l'ionisation réalisée dans la chambre,

---

[1] Séance du 15 octobre 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 867 et 964.

[3] DANYSZ, *Le Radium*, 1912.

en superposant à l'orifice de celle-ci des épaisseurs variées d'aluminium, substance choisie ici une fois pour toutes comme filtre secondaire d'analyse.

L'intensité du rayonnement initial I_0, mesurée avec le champ faible et sans filtre d'aluminium, est prise égale à 100; toutes les autres intensités I sont rapportées à celle-ci, c'est-à-dire qu'on considère dans chaque cas le rapport $\frac{I}{I_0}$. Les logarithmes de ces rapports ont été portés en ordonnées dans des courbes ayant en abscisses les masses d'aluminium en grammes par centimètre carré. La comparaison de ces courbes d'absorption avec champ, avec celle construite sans aucun champ, amène les constatations suivantes :

La courbe relative à 1800 gauss est, sauf dans sa partie curviligne (peu importante) du début, qui correspond à une très petite quantité de rayonnement γ très absorbable, une droite parallèle à la partie rectiligne de la courbe sans champ. Elle est située au-dessus de celle-ci. La courbe relative à 170 gauss coïncide exactement dans sa partie rectiligne avec celle de la courbe relative à 1800 gauss; sa partie curviligne (importante), du début, s'y raccorde exactement au point dont j'ai signalé l'intérêt dans une précédente Note et qui correspond à la limite d'action du rayonnement nécrosant. La distance qui sépare la droite sans champ de la droite avec champ nous renseigne sur la valeur du rayonnement β mou. Un article plus détaillé donnera ultérieurement la forme des courbes. On voit donc que la courbe avec 1800 gauss ne diffère de celle sans champ que par l'absence de la partie curviligne qui correspond au rayonnement nécrosant. *On peut donc affirmer, d'après ce qui précède, que le rayonnement nécrosant est constitué par du rayonnement* β (à moins de 1 pour 100 près qui est constitué par du rayonnement γ mou très absorbable). La composition du rayonnement au sortir de l'ampoule est la suivante :

	Pour 100.	
Rayons β mous	36,9	*Tous certainement nécrosants.*
Rayons β durs	55,29	
Rayons γ mous	0,57	Nécrosants ou non (?), mais très absorbables et d'importance extrêmement réduite par rapport au rayonnement total.
Rayons γ durs	7,24	*Certainement* NON *nécrosants.*

Les nombres obtenus en filtrant le rayonnement par des épaisseurs variées de platine (jusqu'à 3^{mm}) donnent lieu à des considérations du même genre :

1° Coïncidence par translation des courbes $\log\frac{I}{I_0}$ avec champ faible et sans champ;

2° Translation qui décroît lorsque croît l'épaisseur du platine, et qui devient nulle pour une épaisseur inférieure à $0^{mm},5$. Le rayonnement β mou primitif est donc supprimé par cette épaisseur;

3° Tandis que se réalise cette élimination rapide des rayons β mous, on constate un phénomène tout autre en ce qui concerne les rayons β durs. Ce dernier rayonnement diminue rapidement par l'interposition des premières épaisseurs de platine. Ensuite il prend une valeur très lentement décroissante, et l'on peut considérer comme *constant* le rapport de la valeur de ce rayonnement à celle du rayonnement total dès que l'épaisseur du filtre dépasse $0^{mm},5$. Ce fait s'explique de la façon suivante : l'épaisseur $0^{mm},495$ de platine représente en effet la masse équivalente à la masse maximum de muscle atteinte par le rayonnement nécrosant.

Les rayons β primaires sont donc éteints par cette masse de platine, comme par toute autre masse matérielle égale, et ils seraient totalement absents du faisceau émergent, si le platine n'engendrait, par rayonnement secondaire, un rayonnement β, de nature analogue, également nécrosant, et cela en quantité proportionnelle à celle des rayons γ qui le traverse.

En sorte que, sous le rapport de la diminution du rayonnement nécrosant, *il n'y a aucun bénéfice à augmenter l'épaisseur des filtres, de platine au delà de* $0^{mm},5$, *valeur qui constitue une* « ÉPAISSEUR OPTIMUM ».

La diminution du rayonnement β, réalisée ensuite, entraîne dans le même rapport la diminution du rayonnement γ utilisable.

Cette conclusion, basée uniquement sur des considérations physiques, coïncide exactement avec les indications thérapeutiques récentes énoncées par le Dr Regaud au sujet des principes de la radiumpuncture, et y trouve en même temps sa vérification [1].

MÉDECINE. — *Création de foyers multiples de rayonnement β secondaire au sein des tissus dans un but thérapeutique* (*β-thérapie profonde*). Note de M. **Sluys**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons imaginé de créer au sein des tissus un rayonnement β très intense, afin d'obtenir un effet biologique maximum.

La base physique de la technique est la suivante :

L'émission de β secondaires est maximum pour un élément donné, lors-

---

[1] Dr Cl. Regaud, *Journal de Radiologie et d'Électrologie*, juillet 1923, p. 316.

qu'il est irradié par un rayonnement X d'une longueur d'onde un peu plus courte que celle correspondant à une discontinuité d'absorption de l'élément envisagé.

Nous avons employé des métaux à nombre atomique élevé, tels que le platine, l'or, le bismuth et l'uranium, dont la longueur d'onde de discontinuité K est très courte, et l'émission β maximum intense.

Ceci nous permet d'obtenir avec de courtes longueurs d'onde, d'une part, une pénétration considérable, et, d'autre part, une émission très importante d'électrons libres au sein des téguments.

Pratiquement, nous avons enfoncé dans les régions à traiter, des aiguilles et des fils souples ou rigides, en métaux purs ou recouverts, ou imprégnés de sels insolubles d'or, de platine, de bismuth ou d'uranium, et nous avons irradié la région au moyen d'un rayonnement X d'une longueur d'onde correspondant au maximum d'émission β pour chaque élément.

Ce rayonnement X étant obtenu à l'aide d'une ampoule Coolidge, alimentée sous tension constante, cette tension étant choisie pour créer le maximum de rayonnement de longueur d'onde appropriée à la production du maximum d'émission β de l'élément choisi.

Les fils ou les aiguilles peuvent être retirés ou abandonnés après l'irradiation.

Les examens macroscopiques et les coupes histologiques nous rappellent les effets produits par les aiguilles de radium utilisées dans le traitement des tumeurs par curieponcture.

MÉDECINE. — *La sérothérapie locale des gastro-entérites infantiles aiguës.* Note de MM. **Charles Richet** fils et **Jean Célice**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons traité, dans le courant de l'été, à l'hôpital Hérold, avec le sérum polyvalent de MM. Leclainche et Vallée, un certain nombre de nourrissons atteints de gastro-entérites aiguës. Ce sérum était appliqué au niveau de la muqueuse gastro-intestinale, comme on l'applique sur une plaie cutanée, au point où le processus infectieux est en action. Pour cela, nous l'avons fait ingérer et l'avons introduit chez les mêmes malades dans le gros intestin, par voie rectale, à l'aide d'une sonde enfoncée de 15^{cm} à 18^{cm}. Cette sérothérapie fut mise en œuvre dans toutes les variétés de diarrhées que nous avons observées; dans les gastro-entérites chroniques,

elle ne nous a donné aucun résultat ; par contre les résultats obtenus dans les gastro-entérites aiguës ont été très favorables.

La dose quotidienne ordinairement employée était de 40^{cm^3} : 20 par la bouche, 20 par le rectum. Suivant les cas cette thérapeutique était légèrement modifiée, nous augmentions soit la quantité ingérée, soit le volume donné en lavement, selon que les symptômes gastro-entéritiques ou colitiques prédominaient. C'est ainsi que dans les cas de choléra infantile la plus grande partie du sérum était administrée par voie buccale. C'était l'inverse dans les cas d'entérite dysentériforme.

Les analyses bactériologiques, que nous avons faites des selles ne nous ont pas permis d'adopter une autre classification que la classification purement clinique.

Tous nos cas ont été observés en été (du 10 août au 8 septembre), période où la chaleur était encore assez forte pour donner des formes graves. La plupart de nos malades étaient des atrophiques ou des hypotrophiques. Trois enfants avaient 18, 22 et 27 mois, les autres s'échelonnaient entre 6 semaines et 14 mois. Nous n'avons pas soigné avec cette méthode certains cas qui nous paraissaient être bénins, soit parce que l'état général restait bon, soit parce que les phénomènes digestifs étaient peu accentués. Disons de suite que nous n'avons observé aucun accident.

Choléra infantile. — On connaît la gravité du choléra infantile, surtout quand il sévit pendant les chaleurs et chez les enfants de moins de 1 an. Cinq des cas que nous avons ainsi traités étaient primitifs, quatre secondaires à une gastro-entérite antérieure. Ces nourrissons avaient moins de 1 an et pesaient moins que leur poids physiologique. Six étaient nourris exclusivement au lait de vache, trois à l'allaitement mixte. Leur état était le suivant : malades depuis quelques jours, ils présentaient à l'entrée des vomissements inconstants et des selles très nombreuses : diarrhée en jet, aqueuse, avec peu de résidus, non fétide. Les extrémités étaient froides, le nez pincé, les yeux excavés, la fontanelle déprimée, les lèvres bleues, le ventre flasque : aspect clinique qui est celui de l'algidité cholérique. Il y avait de l'hyperthermie centrale (39°-40° en général). Le pronostic nous apparut, dans huit de ces cas, devoir être rapidement fatal. Il était grave dans le neuvième. En même temps que le traitement général et classique, qui d'ailleurs, ne nous avait donné que des mécomptes dans les cas analogues vus les jours précédents, nous avons appliqué la sérothérapie locale. Sur nos neuf malades, un est mort au bout de 48 heures. Les huit autres se sont améliorés progressivement et ont guéri en deux à quatre jours. Néanmoins, l'un d'eux fit ultérieu-

rement une poussée non plus suraiguë, mais subaiguë de gastro-entérite à laquelle il succomba sans que cette fois le traitement pût juguler l'affection. Nous mettrons ce décès au bilan de l'entérite aiguë. Dans ce travail nous n'avons pas fait état de deux nourrissons entrés à l'hôpital en pleine agonie et ayant succombé cinq et sept heures après.

Entérites dysentériformes. — Les deux cas que nous avons observés reproduisaient le tableau classique; l'un guérit en 4 jours; l'autre, qui était d'apparence grave et avait résisté aux traitements habituels, s'améliora en 3 jours et guérit en 10 jours.

Entérites aiguës. — Nous en avons observé 20 (10 fébriles, 10 apyrétiques). Les symptômes présentés étaient les symptômes banaux des gastro-entérites aiguës. La plupart des enfants étaient au-dessous de leur poids et souvent avaient présenté antérieurement d'autres poussées de gastro-entérite. Les selles avaient l'aspect typique que l'on rencontre dans cette affection (glaireuses, grumeleuses, vertes, plus ou moins fétides). Le pronostic nous paraissait sérieux dans 6 cas; dans 6 autres cas, il nous paraissait devoir être fatal. Le traitement au sérum était appliqué en même temps que la thérapeutique classique; mais nous avions soin, comme dans les autres formes, de ne donner aux malades aucun médicament par voie digestive. Tantôt nous avons fait ce pansement local au sérum dès l'entrée à l'hôpital, tantôt après échec des autres médications. Sur 20 cas, 16 ont guéri au bout de 4 jours en moyenne; mais, déjà au bout de 48 heures, l'amélioration se dessinait. Quatre sont morts : 2 ont succombé à la suite de leurs troubles gastro-intestinaux persistants, un autre qui s'était amélioré succomba à une granulie pleuro-pulmonaire intercurrente, le quatrième était guéri de sa gastro-entérite, mais mourut de rougeole.

Dans les formes aiguës de diarrhées estivales traitées par la sérothérapie, il semble que l'évolution de la maladie ait été raccourcie et que la période fébrile ait été diminuée. De plus, les selles sont revenues plus rapidement à la normale que par l'emploi de la thérapeutique habituelle, et l'alimentation a pu, dans presque tous les cas, être ordonnée dans les 36 heures qui suivaient l'entrée à l'hôpital. A part une angine et le cas cité de contagion morbilieuse, aucune complication infectieuse n'est à noter.

L'action de ce sérum sur la plaie intestinale nous paraît relever de la même pathogénie que la sérothérapie faite à l'aide de ce même sérum polyvalent sur les plaies cutanées. Notons qu'il ne semble pas déterminer d'immunité, au sens précis du mot, car il ne met pas à l'abri des récidives.

En résumé, nous avons eu sur 9 cas de choléra infantile : 8 guérisons ; sur

2 cas d'entérite dysentériforme : 2 guérisons, et sur 20 cas d'entérite aiguë : 16 guérisons ; cela en période estivale.

À $15^h 45^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 20 août 1923.)

Note de M. *L. Bert*, Préparation et application à des synthèses organiques du magnésien du *p*-bromocumène :

Page 452, ligne 6, *au lieu de* 82 pour 1000, *lire* 82 pour 100.

(Séance du 17 septembre 1923.)

Note de M. *A. Zygmund*, Sur la théorie riemannienne des séries trigonométriques :

Page 521, ligne 22, *au lieu de* adoptés, *lire* adaptés.

Page 523, ligne 3, *ajouter :* pourvu que la fonction λ possède un nombre suffisant de dérivées qui soient nulles pour $x = x_0$.

(Séance du 1er octobre 1923.)

Note de M. *A. Zygmund*, Sur les séries trigonométriques :

Page 577, ligne 20, *au lieu de* Si les ensembles $E_1, E_2, \ldots$, *lire* Si les ensembles fermés $E_1, E_2, \ldots$.

(Séance du 15 octobre 1923.)

Note de M. *A. Lacroix*, La notion de type doliomorphe en lithologie :

Page 664, note [1], ligne 8 en remontant, *au lieu de* sursaturée, *lire* non saturée.

N° 17.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 22 Octobre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. H. Deslandres. — Sur un équatorial d'un type nouveau, dit table équatoriale et destiné surtout aux recherches d'Astronomie physique 721

M. A. Haller présente à l'Académie le deuxième Volume des « Actualités de la Chimie contemporaine » 726

M. Paul Janet fait hommage à l'Académie du tome III, 2e édition, de ses « Leçons d'Électrotechnique générale » 727

M. Aimé Witz fait hommage à l'Académie des tomes I et II, 5e édition, de son « Traité théorique et pratique des moteurs à gaz, à essence et à pétrole » 727

M. le Secrétaire perpétuel attire l'attention de l'Académie sur le Répertoire de la « Bibliographie géologique du sud-est de la France » qu'il dépose sur le bureau au nom de MM. W. *Kilian* et J. *Révil* 727

CORRESPONDANCE.

M. le Président de l'Institut informe l'Académie que les élections des Membres du Conseil supérieur de l'Instruction publique auront lieu le 9 novembre et l'invite à choisir un de ses membres en remplacement de M. *Émile Picard*, rééligible 728

M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui fera partie de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques en remplacement de M. *Violle*, décédé 728

M. le Ministre des Finances invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui devra occuper, dans la Commission de Contrôle de la circulation monétaire, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. *A. Haller*, rééligible 728

M. le Sous-Secrétaire d'État de l'Enseignement technique invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la chaire de *Mécanique*, vacante au Conservatoire national des arts et métiers 728

M. le Secrétaire perpétuel signale divers ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 728

M. A. Châtelet. — Propriétés des groupes abéliens finis 729

M. A. Bloch. — Sur les cercles paratactiques et la cycloïde de Dupin 731

M. Hadamard. — Observations à propos de la Note précédente 734

M. Maurice Gevrey. — Sur quelques propriétés des fonctions quasi analytiques d'une ou plusieurs variables 734

M. Harald Bohr. — Sur les fonctions presque périodiques 737

M. G. Valiron. — Sur le théorème de Picard-Borel 740

M. A. Guillet. — Synchronisation de mouvements circulaires 741

M. Henri Bénard. — Sur une méthode de mesure absolue de la vitesse d'un courant d'air 744

M. Marius Pascal. — Observations sur la Note « Circulation superficielle » de M. P. Noaillon 746

M. P. Idrac. — Sur la structure des vents du large et leur utilisation pour le vol à voile 747

M. Alex. Véronnet. — Évolution de la trajectoire d'un astre dans un milieu résistant 749

M. W. W. Heinrich. — Sur les prolongements analytiques du problème restreint 752

M. Ladislas Gorczynski. — Sur la diminution de l'intensité dans la partie rouge du rayonnement solaire, observée entre l'Europe et l'Équateur 754

MM. P. Lambert, G. Déjardin et D. Chalonge. — Essai de mise en évidence, à haute altitude, d'un rayonnement solaire dans l'ultraviolet lointain 757

M. F. Wolfers. — La diffusion des rayons X et la loi de Bragg 759

N° 17.

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (*suite*)

Pages.

MM. E. Darmois et J. Périn. — Cryoscopies dans $SO^4Na^2 + 10H^2O$. Grandeur moléculaire des malates, molybdates et molybdomalates 762

M. Paul Pascal. — Sur la constitution et l'évolution des oxydes et des hydroxydes métalliques 765

MM. P. Brenans et C. Prost. — Acides paraoxybenzoïques iodés 768

MM. E. Kohn-Abrest et J. Ricardoni. — Nouvelle méthode de dosage de l'acide cyanhydrique des végétaux cyanogénétiques 771

M. A. Baldit. — Sur les trajectoires d'orage et leur dédoublement 773

MM. Marc Bridel et Pierre Delauney. — Sur les propriétés de la loroglossine et sur les produits de dédoublement : glucose et loroglossigénine 776

M. C. Fromageot. — Influence de la concentration en sels de l'eau de mer sur l'assimilation des Algues vertes 779

M. F. W. T. Hunger. — La nature de la perle de noix de coco et sa formation 780

M. Georges Claude. — Sur la transformation de l'ammoniaque en engrais 782

M. J. Athanasiu. — L'énergie nerveuse motrice du cœur et la nature de la contraction du myocarde 783

MM. Charles Benoit et André Helbronner. — Antagonisme des radiations. Conséquences physiologiques et thérapeutiques 786

M. Jacques Pellegrin. — Sur un Poisson apode nouveau du Golfe de Californie et sa biologie 789

M. J. Legendre. — Sur la zoophilie de certains moustiques et son application à la prophylaxie 790

M. A. Vandel. — L'existence et les conditions de la parthénogenèse chez un Isopode terrestre : *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza 793

MM. A. Desgrez, H. Bierry et F. Rathery. — Utilité de la vitamine B et du lévulose dans la cure par l'insuline 795

Mme J. Samuel Lattès. — Sur la nature corpusculaire du rayonnement responsable du phénomène de nécrose, et sur l'épaisseur optimum des filtres 798

M. Sluys. — Création de foyers multiples de rayonnement β secondaire au sein des tissus dans un but thérapeutique (β-thérapie profonde) 800

MM. Charles Richet fils et Jean Celice. — La sérothérapie locale des gastro-entérites infantiles aiguës 801

Errata 804

70755 — 10-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie
Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 18 (29 Octobre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. A. **Haller** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai le vif regret de vous informer que notre Section des applications de de la science à l'industrie vient de perdre son premier titulaire, M. **Maurice Leblanc**, décédé samedi dernier, à l'âge de 66 ans.

Notre regretté confrère était avant tout un inventeur, sachant mettre au service de l'industrie un savoir étendu et profond, allié à une puissante imagination créatrice.

Il a fait bénéficier de ces dons précieux et la science électrique et la science mécanique.

Ses travaux sur les moteurs à courants alternatifs, sur la théorie des moteurs d'induction, sur les machines appelées « avanceurs de phase », sur les circuits amortisseurs, sur les alternateurs compounds, sur les transformateurs, sur les ondes entretenues utilisées dans la télégraphie sans fil, etc., le placent au premier rang parmi nos électriciens modernes.

Son ingéniosité s'est exercée avec un égal succès en mécanique. Il y débuta par des expériences effectuées à la Compagnie de l'Est sur le frein continu Achard. Abordant ensuite l'hydraulique, il se consacra à l'étude des pompes, des turbines et d'un transbordeur hydraulique destiné à la Compagnie de Panama.

Après de nombreux essais, M. Maurice Leblanc réalisa la construction d'une machine frigorifique à vapeur d'eau et à éjecteur, qui fut adoptée par

les marines française et russe, pour le refroidissement des soutes à munitions de leurs grands cuirassés.

Ces mêmes machines furent utilisées par les Messageries maritimes pour maintenir à — 10° les soutes à vivres des navires qui font le service du Japon en traversant la mer Rouge.

Ce rapide aperçu des inventions de notre regretté confrère ne donne qu'une faible idée de son labeur, de son ingéniosité et des services qu'il a rendus à nos industries mécanique et électrique.

Au nom de l'Académie, nous adressons à sa veuve et à sa belle famille l'expression de nos condoléances attristées et sympathiques.

La séance publique est levée en signe de deuil.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Une maladie secondaire du Chêne causée par le* Polyporus (Phellinus) rubriporus. Note de MM. **J. Costantin** et **L. Dufour.**

Nous avons eu l'occasion d'observer, dans un district restreint de la Forêt de Fontainebleau ([1]), l'attaque d'un certain nombre de Chênes (*Quercus Robur*) par le *Polyporus* (*Phellinus*) *rubriporus* Quélet ([2]).

L'aire sur laquelle la maladie se manifeste s'étend au voisinage d'un sentier, sur une longueur de 300^{m} environ. Les arbres attaqués poussent presque constamment en groupes de 2 à 4 ([3]), se développant à partir d'une souche qui résulte d'une recépée ayant été faite depuis près d'un siècle.

La plupart des arbres rejetons qui se sont ainsi formés sont atteints de la même affection qui ne se retrouve pas dans les environs, en dehors de la surface contaminée mentionnée plus haut.

Il y a lieu de penser que la blessure faite autrefois sur la souche de l'ancien arbre, qui avait été rabattu, a dû constituer une porte d'entrée par laquelle

---

([1]) Le long de la route allant de la gare de Fontainebleau au village de Samois-sur-Seine.

([2]) Quélet, *Ass. fr.*, 1880, p. 9; *Flore mycol.*, 1888, p. 394. — Boudier, *Soc. bot.*, 1881, p. 92, t. 2, fig. 3 (*fusco-purpureus*) (Sologne, Saintonge). *Polyporus torulosus* Pers. — Patouillard, *Essai taxonomique sur les familles et genres des Hyménomycètes*, 1900, p. 97.

([3]) Rarement nous avons observé un arbre attaqué solitaire (venant de graines). Quélet dit : sur les souches des forêts ombragées, Chêne, Yeuse (Centre et Ouest, Pyrénées).

la pénétration du parasite et du mycélium résultant de la germination des spores a dû s'opérer. Le Champignon nuisible, dont la croissance a été très lente, a surtout envahi la partie inférieure des troncs, car c'est dans cette région que se trouvent presque toujours les fructifications. Elles apparaissent *tout à fait au voisinage du sol* (¹) où elles forment des masses assez irrégulières ou des sortes de consoles, dépourvues de pied, parfois superposées les unes aux autres (en petit nombre d'ailleurs), mais très souvent disposées en un seul étage. Ces fructifications, parfois assez larges, rugueuses à leur face supérieure, brunes, mais avec un rebord plus pâle et jaune un peu rouillé quand la fructification est jeune. Les pores sont bruns, mais présentent un chatoiement très caractéristique, des reflets de teinte variée suivant l'incidence sous laquelle on les regarde.

On peut dire que la plupart des groupes d'arbres du district sont atteints du même mal, mais les caractères pathologiques sont assez variables. Par exemple, sur trente-deux arbres attaqués d'une manière plus ou moins intense, on peut distinguer les types suivants :

Premier cas. — La présence du *Polyporus*, cantonné à la base de la tige, est le seul caractère pathologique extérieur (²). Les arbres ainsi atteints ne paraissent pas autrement malades, car leur écorce est intacte, leurs feuilles et leurs branches sont normales, sans aucune altération.

Deuxième cas. — A côté de la fructification précédente, on observe une cavité inférieure, au voisinage du sol également. Ce trou existe soit sur la même tige que celle qui porte le Champignon, soit sur une autre tige de la même cépée. L'orifice du trou ainsi observé est parfois gros seulement comme le poing, mais ailleurs la cavité est énorme et plus large notablement qu'une tête d'homme.

Troisième cas. — Ce cas, dont nous n'avons observé jusqu'ici qu'un seul exemple, est celui où la fructification n'est plus localisée à la base du tronc. Sur ce pied, qui faisait exception à la règle ordinaire, il y avait des fructifications de *Polyporus* à 20^{cm}, 50^{cm} et $1^{m},50$ au-dessus du sol. Il s'agissait probablement d'un mycélium ayant une plus grande virulence, qui, par une vigueur inusitée de croissance, avait pu envahir la tige jusqu'à la hauteur d'un homme.

(¹) Le *Polyporus* (Ungulina) *annosus* Fries (*Trametes radiciperda* Hartig) attaque aussi les plantes à la base (collet et surtout racines), mais ce sont des résineux. Mentionnons le beau travail de Brefeld (*Unters. aus dem gesammt Geb. d. Mykologie*, t. 8, p. 155) (*Heterobasidion annosum*). Boudier dit : « Au pied des vieux troncs et des vieilles souches de Chêne, toute l'année mais végétant surtout en hiver et au printemps. Dans les forêts de Blois et de Russy, près de Blois, où il n'est pas très rare » (*loc. cit.*).

(²) Il va de soi que si l'on abattait cet arbre on constaterait des troubles pathologiques internes qui n'apparaissent pas au dehors.

Quatrième cas. — L'altération ne se trahit pas par la présence de fructifications, mais seulement par une cavité basilaire, plus ou moins grande, qui met en évidence la décomposition du bois. Le fait peut tenir à ce que l'arbre est arrivé à limiter l'extension du mycélium parasitaire ou que les conditions de milieu du Chêne ont été incompatibles avec la formation de fructifications. Malgré cette absence de consoles fructifères externes, le mal n'était pas moins grave au point de vue de la valeur commerciale du bois.

Cinquième cas. — Chez un certain nombre d'arbres, la cavité trahissant l'attaque du tissu ligneux n'est pas localisée au voisinage du sol, mais se manifeste à une hauteur variable de 20^{cm} à 50^{cm}. Les trous qu'on aperçoit sur ces arbres ont des orifices de dimensions variables; parfois ces ouvertures sont très longues et s'élèvent jusqu'à 2^{m} au-dessus du sol.

Cette constatation est évidemment en accord avec le fait signalé dans le troisième cas ci-dessus : le parasite, en rongeant l'arbre, a étendu ses effets très loin du point de départ.

Dans les cavités ainsi creusées, surtout dans celles qui sont nettement au-dessus du sol, on voit très bien comment s'altère le bois, car il est transformé en une véritable poudre brun roussâtre, couleur d'un tabac plus ou moins foncé.

La présence du Champignon contribue donc à altérer profondément la partie ligneuse. Il en résulte des conséquences assez graves pour la solidité de l'arbre et pour la valeur industrielle du bois. Si la base de la tige est altérée, l'arbre peut s'abattre par les ouragans. L'exploitant qui s'aperçoit de la décomposition du pied est conduit à penser qu'il y a intérêt à hâter l'abatage pour arrêter les progrès de l'altération inférieure.

Au cours de quatre années d'observations, nous avons eu l'occasion de voir certains de ces arbres tombés naturellement ou sous la cognée dont la base était transformée en une poudre couleur de tabac sur une longueur plus ou moins grande; dans ce cas, au voisinage des parties tombées, on trouvait d'ordinaire sur le sol les fructifications détachées du *Polyporus rubriporus*.

Sur toute la surface de l'aire atteinte par le mal, on trouve des traces d'arbres abattus à des dates récentes ou éloignées et toutes les souches restées sur le sol sont encore des témoins de l'existence du parasite. En général, d'un seul côté, on voit un secteur où le bois est décomposé et la décomposition s'étend plus ou moins vers le centre où il y a une cavité. L'altération du bois est inégale; on distingue dans les parties détruites des lames orientées radialement qui ont persisté et qui correspondent aux rayons médullaires plus résistants que le parenchyme et les vaisseaux ligneux décomposés.

Une des particularités qui nous frappe, à la suite d'observations atten-

tives faites au cours de plusieurs années, c'est que le mal ne s'étend pas, il reste localisé. Cependant les spores du Champignon sont aptes à répandre le mal aux environs. Nous avons réalisé des cultures sur bois de Chêne ou sur brindilles de la même essence, en milieu stérilisé. Il se développe ainsi de petites croûtes ocracées et irrégulièrement limitées qui rappellent des aspects que nous avons pu observer sur le terrain, sur des brindilles de Chêne reposant sur le sol, dans le district étudié par nous.

Le parasite se propage, c'est infiniment probable, mais il ne pénètre que difficilement dans la plante vivante; il lui faut une blessure. Cette nécessité et l'extrême lenteur du développement rendent donc cette maladie peu redoutable. Il y a lieu de penser, par nos observations, que la zone forestière étudiée par nous a été contaminée il y a très longtemps, peut-être en une fois, et que le mal a fait peu de progrès depuis cette époque.

Delacroix et Maublanc [1] font allusion à ce parasite du Chêne auquel ils consacrent deux lignes, mais ni Prillieux [2], ni Soraner [3] ne le mentionnent. Parmi les espèces attaquant le Chêne, on signale le *Polyporus dryadeus*, *Polyporus ignarius*, *Polyporus sulfureus*.

M. D'OCAGNE offre à l'Académie une brochure qu'il vient de faire paraître sous le titre : *Notions sommaires de Géométrie projective*, à l'usage des candidats à l'École polytechnique.

ÉLECTIONS.

Par 32 suffrages contre 1 à M. P. Villard, M. **MARCEL BRILLOUIN** est élu membre de la deuxième section de la commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, en remplacement de M. *J. Violle*.

Par l'unanimité des 28 suffrages exprimés, M. **A. HALLER** est réélu membre de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*.

---

[1] Delacroix et Maublanc (*Maladies parasitaires des plantes cultivées*, 1909, p. 208) ont consacré deux lignes à cette espèce sur le Chêne sans description.

[2] PRILLIEUX, *Maladies des plantes agricoles* (1895). Les Polyporées sont traitées avec beaucoup de détails (p. 324 à 369).

[3] SORANER, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten* (3e édition, t. 2, 1908, p. 386-389).

NOMINATIONS.

M. É. **Picard** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument aux Morts de la guerre qui aura lieu, à l'École centrale des Arts et Manufactures, le samedi 3 novembre prochain.

MM. **André Blondel**, **A. Rateau**, **Daniel Berthelot**, **Paul Janet** sont désignés pour représenter l'Académie à la Conférence internationale des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Compte rendu de la cérémonie d'inauguration à l'École nationale vétérinaire de Lyon du monument à S. Arloing et des bustes de L. Bredin, Ch.-J. Bredin, F. Lecoq, Ch. Cornevin*, par F.-X. Lesbre.

2° *Cours complet de mathématiques spéciales*, par J. Haag : tome I, *Algèbre et analyse;* tome II, *Géométrie;* tome III, *Mécanique;* tome IV, *Géométrie descriptive et trigonométrie;* chaque tome de cours accompagné d'un tome d'*exercices*.

M. **J.-B. Charcot** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par le décès de M. *Ch. de Freycinet*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Étude directe de la fonction $f(x)$ de Riemann.* Note de M. **Viggo Brun**, présentée par M. Hadamard.

La fonction $f(x)$, prise comme point de départ par Riemann dans ses recherches sur le nombre $\pi(x)$ de nombres premiers non supérieurs à x, est

$$f(x) = \pi(x) + \frac{1}{2}\pi(\sqrt{x}) + \frac{1}{3}\pi(\sqrt[3]{x}) + \ldots.$$

Dans l'*Intermédiaire des Mathématiciens*, 1922 (Question 5100), j'ai posé

la formule suivante :

$$(1)\quad f(x)=\{x\}-\frac{1}{2}\sum_{n=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n}\right\}+\frac{1}{3}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n.m}\right\}-\frac{1}{4}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\sum_{r=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n.m.r}\right\}+\ldots,$$

où $\{x\}$ désigne le nombre de nombres entiers non inférieurs à 2 et non supérieurs à x.

En posant $x=12$ nous avons, par exemple :

$$f(12)=\pi(12)+\frac{1}{2}\pi(\sqrt{12})+\frac{1}{3}\pi\sqrt[3]{12})=5+\frac{1}{2}\cdot 2+\frac{1}{3}\cdot 1=6\frac{1}{3}$$

et

$$\{12\}-\frac{1}{2}\left(\left\{\frac{12}{2}\right\}+\left\{\frac{12}{3}\right\}+\left\{\frac{12}{4}\right\}+\left\{\frac{12}{5}\right\}+\left\{\frac{12}{6}\right\}\right)+\frac{1}{3}\left(\left\{\frac{12}{2.2}\right\}+\left\{\frac{12}{2.3}\right\}+\left\{\frac{12}{3.2}\right\}\right)$$
$$=11-\frac{1}{2}(5+3+2+1+1)+\frac{1}{3}(2+1+1)=6\frac{1}{3}.$$

La formule (1) est trouvée par des considérations appartenant à la théorie des fonctions, mais j'en donnerai ici une démonstration directe et élémentaire.

Commençons par démontrer la formule suivante :

$$(2)\qquad f(x)-f(x-1)=1-\frac{1}{2}D_2(x)+\frac{1}{3}D_3(x)-\frac{1}{4}D_4(x)+\ldots,$$

où $D_2(x)$ désigne le nombre de manières de décomposer le nombre x en deux facteurs, supérieurs à 1, en comptant $a.b$ et $b.a$ comme deux manières; $D_3(x)$ désigne le nombre de manières de décomposer x en trois facteurs, etc.

La formule est évidente pour $x=p=$ nombre premier. Démontrons-la pour $x=p.x_0$ où $x_0>1$ ne contient pas le facteur premier p.

Supposons que x_0 se puisse écrire comme un produit de r facteurs

$$a_1.a_2.a_3\ldots a_r$$

de $D_r(x_0)$ manières, et comme un produit de $r-1$ facteurs

$$b_1.b_2.b_3\ldots b_{r-1}$$

de $D_{r-1}(x_0)$ manières.

Nous pouvons alors écrire $x=p.x_0$ comme un produit de r facteurs et sous les formes suivantes :

$$\begin{matrix} (a_1p).a_2.a_3\ldots a_r, & & p.b_1.b_2\ldots b_{r-1}, \\ a_1.(a_2p).a_3\ldots a_r, & \text{et} & b_1.p.b_2\ldots b_{r-1}, \\ \ldots\ldots\ldots, & & \ldots\ldots\ldots, \\ a_1.a_2.a_3\ldots(a_rp), & & b_1.b_2\ldots b_{r-1}.p, \end{matrix}$$

c'est-à-dire de $rD_r(x_0) + rD_{r-1}(x_0)$ manières, d'où suit que

$$D_r(x) = r[D_r(x_0) + D_{r-1}(x_0)]. \tag{3}$$

Cette formule est donnée déjà par A.-F. Möbius (1).

De là, nous déduisons

$$\begin{aligned} 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \frac{1}{4}D_4(x) + \ldots \\ = 1 - [D_2(x_0) + D_1(x_0)] + [D_3(x_0) + D_2(x_0)] - [D_4(x_0) + D_3(x_0)] + \ldots \\ = 1 - D_1(x_0) = 0 = f(x) - f(x-1) \end{aligned}$$

et la justesse de notre formule (2) est constatée dans ce cas.

On peut traiter le cas général $x = p^\alpha x_0$, où x_0 n'est pas divisible par p, d'une manière semblable en déduisant la formule suivante, analogue à (3),

$$\begin{aligned} \frac{\alpha}{r}D_r(x) = D_r(y^{\alpha-1}x_0) + D_{r-1}(p^{\alpha-1}x_0) + D_r(p^{\alpha-2}x_0) \\ + D_{r-1}(p^{\alpha-2}x_0) + \ldots + D_r(x_0) + D_{r-1}(x_0), \end{aligned} \tag{4}$$

d'où nous déduisons

$$\begin{aligned} 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \ldots \\ = 1 - \frac{1}{\alpha}[D_1(p^{\alpha-1}x_0) + D_1(p^{\alpha-2}x_0) + \ldots + D_1(px_0) + D_1(x_0)] \\ = 1 - \frac{1}{\alpha}[\alpha - 1 + D_1(x_0)] \\ = \frac{1}{\alpha}[1 - D_1(x_0)]. \end{aligned}$$

Si $x_0 > 1$, nous avons

$$D_1(x_0) = 1$$

et

$$1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \ldots = 0 = f(x) - f(x-1).$$

Si, au contraire, $x_0 = 1$, c'est-à-dire $x = p^\alpha$, nous avons

$$D_1(x_0) = 0$$

et

$$1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \ldots = \frac{1}{\alpha} = f(x) - f(x-1),$$

et la justesse de (2) est constatée dans tous les cas.

(1) Voir *Journal de Crelle*, t. 9, 1832, ou *Werke*, IV, p. 600.

Enfin nous déduisons la formule (1) par sommation :

$$f(x) - f(x-1) = 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \frac{1}{4}D_4(x) + \ldots,$$
$$f(x-1) - f(x-2) = 1 - \frac{1}{2}D_2(x-1) + \frac{1}{3}D_3(x-1) - \frac{1}{4}D_4(x-1) + \ldots,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$f(2) - f(1) = 1 - \frac{1}{2}D_2(2) + \frac{1}{3}D_3(2) - \frac{1}{4}D_4(2) + \ldots;$$

$$(1)\quad f(x) = \left\{x\right\} - \frac{1}{2}\sum_{n=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n}\right\} + \frac{1}{3}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n.m}\right\} - \frac{1}{4}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\sum_{r=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n.m.r}\right\} + \ldots$$

en remarquant que

$$\sum_{\xi=2}^{x} D_2(\xi)$$

est le nombre de manières d'écrire les nombres, non inférieurs à 2 et non supérieurs à x, comme un produit de deux facteurs a, b, où a et b parcourent les valeurs 2, 3, 4, ...

La formule (1) est analogue à la suivante :

$$(5)\qquad \pi(x) - \pi(\sqrt{x}) + 1 = [x] - \sum_{p=2}^{P}\left[\frac{x}{p}\right] + \sum_{p=2}^{P}\sum_{q=2}^{P}\left[\frac{x}{p.q}\right] - \ldots,$$

où p, q, ... désignent des nombres premiers $p < q < \ldots \leqq P$ et où P désigne le nombre premier le plus grand, non supérieur à $\sqrt{x}$. J'ai étudié cette formule (5) dans un Mémoire : *Le crible d'Eratosthène et le théorème de Goldbach* (*Videnskapsselskapets skrifter*, Kristiania, 1920), et j'espère revenir sur ces questions dans un travail ultérieur.

CHRONOMÉTRIE. — *Détermination mécanique de la marche relative de deux pendules. Comparateur à moteur chronométrique.* Note [1] de M. A. **Guillet**, présentée par M. Bigourdan.

Comment déterminer à tout instant t, par voie mécanique, l'écart que présentent les tops donnés par deux vibrateurs P_1, P_2 battant pratiquement la même période T ?

---

[1] Séance du 22 octobre 1922.

M. G. Lippmann a indiqué (1) que si l'on savait produire une série auxiliaire de tops P, répondant aussi à la période T, dont on puisse déplacer arbitrairement et à volonté l'origine, il suffirait d'amener successivement en coïncidence les séries P, P_1 ; P, P_2, pour déduire de la translation correspondante τ des tops P dans le temps le décalage présenté par les tops des séries P_1, P_2.

La marche relative des deux vibrateurs serait alors manifestée par une courbe dont les points auraient pour coordonnées t, τ.

Le difficile est de trouver un moteur pouvant recevoir un mouvement de rotation uniforme. Cette condition étant réalisée et la durée du tour réglée sur la période T, on produirait aisément la série des tops de comparaison P en chargeant le moteur de fermer un contact à chaque tour. On obtiendrait le déplacement de l'origine des tops en rendant l'un des pôle a du contact solidaire de l'axe du moteur et l'autre pôle b solidaire d'un disque ou d'un bras alidade pouvant tourner à volonté et d'une manière indépendante autour de ce même axe.

Dans le *comparateur de marche* construit selon mes plans, pour répondre aux instances de M. Bigourdan, directeur du Bureau international de l'Heure, le mouvement de rotation est fourni par un moteur chronométrique (2). Une petite équerre, fixée à la périphérie de l'une des roues dentées et perpendiculairement à son plan, porte l'un des pôles a, a' des deux contacts c, c' que comporte l'appareil; les deux autres pôles b, b' de ces contacts sont disposés suivant l'une des génératrices de deux disques D, D′ que des boutons δ, δ' et des engrenages convenables permettent de faire tourner à volonté et séparément d'angles quelconques. Il est ainsi facile d'*avancer* ou de *retarder* le jeu de l'un des contacts puisqu'il suffit pour cela de faire tourner le disque qui lui correspond dans le sens opposé ou dans le même sens que le système des roues dentées.

La division en mille parties égales tracée à la périphérie sur l'une des faces du disque D a son zéro en regard du contact b; d'autre part, deux fenêtres diamétralement opposées pratiquées dans le disque D′ et bissectées chacune par un fil servant d'index, disposé suivant le rayon passant par b, permettent de lire l'écart angulaire présenté à tout instant par les deux pôles b et b'.

La manière d'opérer est fort simple :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1458.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 741.

a. Deux observateurs intervenant en même temps, le premier à l'aide du contact c et le second à l'aide du contact c' établissent simultanément les coïncidences P, P_1; P, P_2 en agissant respectivement sur les boutons δ, δ'.

Si Θ est la période des tops P, et φ la fraction de la circonférence définie sur le cercle divisé par les positions qu'occupent les pôles voyageurs b et b', l'écart τ des tops P_1, P_2 a pour mesure à l'instant t de la double coïncidence

$$\tau = \varphi . \Theta.$$

b. Si, au préalable, on s'est donné la peine de disposer les masses mobiles du diapason de façon que la coïncidence entre les tops des vibrateurs à comparer et les tops des contacts c ou c' se maintiennent pendant une durée de l'ordre de celle qui est nécessaire à l'établissement des coïncidences successives P, P_1; P, P_2, un seul opérateur suffit, et même un seul contact, celui du disque D' si, le cercle divisé étant fixe, on fait la lecture des positions de b' lors des coïncidences successives P, P_1; P, P_2.

c. Dans le cas d'un accord seulement approché, il est encore possible d'opérer correctement seul. On établira d'abord la coïncidence P, P_1 à l'époque arbitraire t_0, puis la coïncidence P, P_2 à l'époque $t_0 + t$, et on lira la course angulaire correspondante γ du pôle b. On rétablira ensuite la coïncidence P, P_1 et on la maintiendra jusqu'à l'époque $t_0 + 2t$; si γ' est alors la course du pôle b, $\gamma_1 = \frac{\gamma + \gamma'}{2}$ est évidemment l'angle qu'aurait donné un appareil parfaitement réglé. Ainsi se trouve corrigé l'effet de l'inégalité des périodes T et Θ. Si l'on prend le soin de noter les époques t_1 et t_2 des deux coïncidences l'écart ε se calcule d'ailleurs aisément en faisant état de la valeur du rapport T : Θ préalablement déterminé.

La précision sur l'écart τ, présenté à l'instant t par les deux vibrateurs P_1, P_2, dépend de la précision des pointés des deux coïncidences qui le déterminent. Tout revient, en définitive, à constater, au téléphone par exemple, *la simultanéité de deux tops*. En utilisant des tops très brefs et identiques, cette précision est grande en raison du merveilleux *pouvoir séparateur* de l'oreille. Le rapport de la largeur du contact à la circonférence du disque mesure, en fait, l'erreur possible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'allotropie dynamique de l'iodure mercurique.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

M. A. Smits a développé au cours des dernières années une théorie nouvelle de l'allotropie, qu'il a exposée avec détails dans un important ouvrage récemment traduit en langue française (1). Cette théorie, dite dynamique, a été rapidement adoptée par plusieurs savants (2).

Elle admet en principe qu'une phase solide cristalline d'un corps quelconque peut être constituée par plusieurs espèces de molécules en équilibre. Il s'ensuit que les constantes physiques varient pour un même corps avec les traitements qu'ont subis les échantillons examinés par suite de phénomènes de trempe. Ces conséquences sont très importantes : elles privent en effet le chimiste d'un moyen classique de définir les corps simples ou composés et de reconnaître leur pureté.

Nous avons eu l'occasion de montrer dans un travail récent sur le tellure (3) que l'application de la théorie de l'allotropie dynamique faite à ce corps par MM. Cohen et Kröner ne nous paraissait pas justifiée. Il était dès lors intéressant de reprendre l'étude des produits pris comme exemples par M. Smits lui-même, et particulièrement de l'iodure mercurique (4).

On sait que l'iodure mercurique se présente sous deux modifications, l'une rouge, stable au-dessous de 127°, et l'autre jaune, stable au-dessus de ce point de transformation. On constate que, si l'on chauffe ce corps sous sa forme rouge, sa coloration devient de plus en plus foncée à mesure que la température s'élève; il prend la forme jaune à 127°, et la teinte de celle-ci devient de plus en plus orangée à mesure que l'on approche du point de fusion. Le liquide obtenu est rouge.

Pour expliquer ces faits, M. Smits considère qu'il existe deux molécules différentes d'iodure mercurique α et β.

Les deux modifications rouge et jaune sont des cristaux mixtes en équilibre interne. La modification rouge, par exemple, est riche en molécules

---

(1) A. Smits, *La théorie de l'allotropie*, trad. Gillis (Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 1923).

(2) Cohen, Nombreuses publications in *Zeits. f. Phys. Chem.* — Williams Lewis, *Traité de Chimie physique*, t. 2, 1921, p. 263 (Masson, éditeur).

(3) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1344 et 1548.

(4) Smits et Bokhorst, *Zeits. f. Phys. Chem.*, t. 89, 1914, p. 365 et 374.

d'espèce β, la modification jaune riche en molécules α, le liquide rouge riche en molécules β.

Sans chercher à discuter maintenant les diagrammes assez complexes auxquels aboutit M. Smits et qui sont constitués par des courbes dont les orientations n'ont qu'une valeur qualitative, on peut remarquer que l'interprétation donnée est en contradiction avec la loi du déplacement de l'équilibre. Au point de transformation, l'équilibre se déplace en effet dans le sens d'une plus forte concentration en α (jaune); au point de fusion au contraire, dans le sens d'une plus forte concentration en β (rouge). Or, la transformation de la variété rouge en jaune, et la fusion de la variété jaune sont deux phénomènes endothermiques.

Les plus récentes expériences entreprises par MM. Smits et Bokhorst ont consisté à chauffer de l'iodure mercurique jaune à différentes températures supérieures au point de transformation, à le tremper à la température de l'air liquide, et à l'observer après retour à la température ordinaire. Ils ont constaté que la vitesse d'apparition de la phase rouge et celle de la transformation complète en rouge sont d'autant plus grandes que la masse a été refroidie à partir d'une température plus élevée. Si la température d'origine est égale ou supérieure à 244°, le produit présente instantanément des taches rouges, qui se développent ensuite rapidement. Ils voient là une confirmation de la théorie parce que, d'après eux, l'équilibre dans les cristaux jaunes se déplaçant par élévation de température dans le sens d'une plus forte concentration en variété β (rouge), la trempe fait apparaître cette phase rouge d'autant plus rapidement que les cristaux mixtes primitifs étaient plus riches en cette variété β.

Nous avons répété les expériences de MM. Smits et Bokhorst et en avons pleinement vérifié l'exactitude, dans certaines conditions. Mais en poursuivant l'étude, nous avons fait des constatations qui conduisent à modifier absolument l'interprétation donnée aux phénomènes.

Les faits observés ne sont conformes aux indications précédentes que si l'on utilise comme matière première de l'iodure mercurique rouge tel que celui du commerce, obtenu par précipitation : c'est une poudre très ténue, d'apparence amorphe ou microcristalline.

Si l'on répète les expériences en employant un produit qui a été fondu, les observations sont très différentes. *Dans tous les cas, quelle que soit la température de chauffe, même quand cette température est à peine supérieure au point de transformation, à 135° par exemple, le produit trempé est entièrement rouge, presque instantanément.*

On peut faire la même remarque en employant des lamelles d'iodure mercurique sublimé, c'est-à-dire formé de cristaux assez volumineux.

Ce n'est donc pas la température à laquelle le produit jaune a été porté qui influe sur la vitesse de formation des germes rouges et sur celle de leur développement. Ces vitesses sont d'autant plus élevées que les fragments sont plus volumineux.

Une preuve certaine de cette conclusion réside dans l'observation suivante : si l'on fait l'un des essais de MM. Smits et Bokhorst à partir d'une substance pulvérulente, on peut constater que celle-ci a acquis des propriétés nouvelles au cours de l'essai ; en répétant l'expérience, on note des vitesses de transformation plus élevées. La raison en est que, dès 150°, l'iodure mercurique est volatil, sa volatilisation devient rapide vers 190°, et par suite de cette volatilité, les cristaux peuvent grossir dans la masse en expérience, comme il est facile de s'en rendre compte en les examinant au microscope.

La température de 190° est précisément celle où MM. Smits et Bokhorst ont pu commencer à mesurer des vitesses de transformation.

Les faits observés par nous ne permettent donc pas d'admettre l'interprétation très particulière adoptée par MM. Smits et Bokhorst ni de voir dans les caractéristiques présentées par l'allotropie de l'iodure mercurique une confirmation d'une théorie de l'allotropie autre que la théorie classique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la lumière sur les électrodes de métaux à faible tension de dissolution.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

En 1919, dans son Mémoire *Matière et Lumière*, M. Jean Perrin avait indiqué que la lumière, indépendamment de ses actions photochimiques, devait intervenir dans beaucoup de phénomènes physiques. J'ai montré [1], depuis, qu'elle était susceptible d'accélérer ou de retarder le processus d'évolution des suspensions et de déplacer les équilibres d'adsorption d'ions. Il était donc naturel de penser qu'elle dût modifier le potentiel électrolytique d'un métal.

E. Becquerel [2], le premier, a montré que des électrodes de cuivre, d'argent ou d'étain, sulfurées, oxydées, chlorurées, bromurées, iodurées ou

---

[1] R. Audubert, *Annales de Physique*, septembre 1922.
[2] E. Becquerel, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 9, 1843.

fluorurées, sont sensibles à l'action de la lumière; il avait même signalé que des électrodes d'or ou de platine donnaient lieu à un effet d'autant plus faible que l'électrode était plus soigneusement nettoyée, mais il en avait conclu que l'effet photovoltaïque était dans ce cas dû à des impuretés organiques adhérentes au métal et qu'il ne devait pas exister avec des surfaces tout à fait propres.

Plus tard, M. Buisson (1) a indiqué que la différence de potentiel entre un métal et un électrolyte est modifiée quand le métal est plongé dans le liquide après avoir été soumis à l'action des rayons ultraviolets.

Afin de voir s'il y avait une action de la lumière sur des électrodes de métaux purs, je me suis d'abord adressé au platine et à l'or avec lesquels il est possible d'obtenir par décapage et nettoyage des surfaces tout à fait propres. L'expérience montre que ces métaux, indépendamment de leur degré de propreté, sont effectivement sensibles à l'action de la lumière; l'argent, le cuivre et le mercure possèdent la même propriété.

Deux lames étaient plongées dans un électrolyte et réunies à un circuit de mesure; l'une d'elles était éclairée par un faisceau condensé de lumière émis soit par un arc, soit par une lampe de tungstène-azote 2500 B.; ce faisceau était filtré au moyen d'un verre à l'oxyde de cuivre ou d'une solution de sulfate de cuivre ammoniacal afin de déterminer les actions comparées des radiations rouges et des radiations bleues-violettes. Pour éviter la formation d'une pile locale, la lame éclairée était, sur sa face postérieure, recouverte d'une couche isolante (paraffine, gomme laque, vernis synthétique) (2). Dans d'autres cas le dispositif d'exposition était constitué par un tube en H, le fond des deux branches étant formé par les lames-électrodes mastiquées au golaz. Les métaux étudiés étaient employés à l'état pur; dans certaines expériences, l'or, l'argent et le cuivre ont été précipités sur l'électrode par voie électrochimique. L'action de la lumière a été examinée en présence des électrolytes suivants : HCl, SO^4H^2, NO^3H, NO^3Ag, $AuCl^3$, KCl, NO^3K, SO^4K^2, $NaCl$, NO^3Na, SO^4Na^2, SO^4Zn, $ZnCl^2$, $Zn(NO^3)^2$, $BaCl^2$, $(NO^3)^2Ba$, SO^4Cu, NO^3Cu, $NiCl^2$, NO^3Ni, $FeSO^4$, $FeCl^3$, $Fe^2(SO^4)^3$.

Les mesures sont délicates, d'abord, parce que les forces électromotrices photovoltaïques sont faibles (6 à 50.10^{-6} volt) et souvent instables; ensuite, parce que l'intensité de l'effet varie légèrement avec l'état de polarisation de l'électrode, et il est assez rare, dans des conditions identiques, de retrouver toujours la lame dans un même état de polarisation. Deux électrodes d'un même métal, en effet, plongées dans un électrolyte, présentent toujours entre elles une différence de potentiel due à des phénomènes parasites: occlu-

(1) H. Buisson, *Journal de Physique*, 3e série, t. **10**, 1901.

(2) Cette précaution est loin d'être inutile; grâce à elle en effet, l'intensité de l'effet obtenu est notablement accru.

sions gazeuses, modification superficielle (cristallisation ou orientation des atomes sous l'action d'une légère électrolyse); en court-circuitant pendant un temps suffisamment long, on atténue cette dissymétrie, mais le plus souvent une polarisation résiduelle persiste, de sens et d'intensité variables, le plus souvent de l'ordre de 10^{-5} volt, mais pouvant atteindre 10^{-4} : elle est alors peu gênante, car, pour des valeurs aussi faibles, son action sur l'effet photovoltaïque est peu appréciable. Les déviations qui correspondent à l'effet étudié se mesurent, bien entendu, à partir de la déviation initiale imposée par la polarisation quelle qu'elle soit.

Au point de vue qualitatif, les résultats sont les suivants :

Indépendamment de l'électrolyte, la surface éclairée fonctionne toujours comme anode pour le platine, le cuivre et le mercure, et toujours comme cathode pour l'or et l'argent.

Cette règle ne s'applique plus quand des actions secondaires se manifestent (décomposition photochimique de l'électrolyte ou altération de l'électrode).

En particulier, en présence de sels ferreux ou ferriques, une lame de platine éclairée prend un potentiel correspondant à $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + \ominus$ ou à la transformation inverse suivant qu'il y a oxydation ou réduction. Dans le cas de l'oxydation, par exemple, l'électron libéré dans la couche de passage, par suite du mécanisme précédent, est instantanément capté par l'électrode qui se charge ainsi négativement; dans le cas d'une réduction c'est l'électrode qui cède au contraire un électron.

De même l'argent présente en solution chlorhydrique une anomalie qui, nous le verrons, résulte vraisemblablement de la formation d'une pellicule de chlorure d'argent.

Au point de vue quantitatif on peut préciser les points suivants :

Dans tous les cas, les radiations bleues sont beaucoup plus actives que les radiations rouges; les sensibilités des métaux étudiés à l'égard de ces dernières varient en sens inverse des tensions de dissolution. Il semble exister pour chaque métal un seuil d'excitation qui se déplace vers les fréquences élevées quand on considère des éléments de plus en plus électropositifs.

L'effet varie peu avec l'électrolyte, il est indépendant de l'anion; aux erreurs d'expériences près, il semble d'autant plus faible que le cation possède une tension de dissolution plus élevée [1].

En définitive, l'existence pour un métal déterminé d'un effet spécifique

---

[1] Ce résultat est particulièrement net pour le platine.

permet de penser que le phénomène prend naissance dans la couche de passage où se localisent les transformations électrochimiques. D'autre part, la faible influence de la nature du cation conduit à supposer que deux effets doivent se superposer : un premier attribuable au métal même de l'électrode, un second, beaucoup moins important, dû à la couche de cations adsorbés par la lame avec une intensité liée à la tension de dissolution de ce cation; d'autre part, l'influence régulière de ce dernier élimine indiscutablement l'hypothèse que le phénomène serait dû à des impuretés adhérentes à la lame.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des acides sulfonitriques et sulfonitreux.* Note de M. **André Graire.**

On détermine en général par le procédé au nitromètre l'azote total des acides sulfonitriques ou sulfonitreux. Toutefois, si les combinaisons azotées sont entièrement à l'état de trioxyde N^2O^3, on peut effectuer le dosage à l'aide d'une liqueur titrée de permanganate. Par contre, si elles sont entièrement à l'état de pentoxyde N^2O^5, on préconise parfois l'emploi d'une solution titrée de SO^4Fe. Dans ce cas l'acide sulfonitrique, neutre au permanganate, est additionné d'un volume connu d'une liqueur sulfurique titrée de sulfate ferreux. On chauffe ensuite à l'ébullition, sous courant de gaz carbonique, jusqu'à dégagement complet du bioxyde, et on titre l'excès de sulfate non oxydé, au moyen du permanganate.

Tous ces procédés présentent, dans la pratique courante, de nombreux inconvénients :

1° La concentration de l'acide sulfurique doit être bien déterminée. Elle est de 90-92 pour 100 pour la méthode au nitromètre. Elle est légèrement inférieure à ce titre pour la méthode au sulfate ferreux. Elle doit être nettement plus faible pour la méthode au permanganate, l'oxydation de l'acide nitrosylsulfurique n'ayant pas lieu en solution sulfurique concentrée. Dans ce dernier cas pourtant, le *modus operandi* de Lunge, qui consiste à verser l'acide sulfonitreux dans le permanganate jusqu'à décoloration de celui-ci, permet d'éliminer cette difficulté.

2° Les méthodes qui utilisent les liqueurs titrées ne peuvent s'appliquer qu'à des acides où les composés de l'azote ont un degré d'oxydation bien déterminé. Elles ne peuvent, en particulier, servir au dosage de l'azote total dans les mélanges complexes sulfonitriques ou sulfonitreux qui ont dissous du bioxyde d'azote. Il est alors nécessaire de peroxyder les acides et les oxydes à l'état d'acide nitrique et de doser celui-ci par le sulfate ferreux.

3° Enfin aucune des trois méthodes indiquées n'est applicable avec des acides

impurs, tenant en solution des sels métalliques ou des gaz réducteurs. L'acide sulfurique préparé par grillage des blendes ou des pyrites arsenicales contient en général, à côté des produits nitrés, de l'acide sulfureux, de l'acide arsénieux, du sulfate ferreux, du sulfate de cuivre, etc.

Tous ces corps influent, à des degrés divers, sur l'exactitude des dosages.

La méthode au permanganate est inutilisable dans tous les cas, chacune des impuretés signalées faussant les résultats. La méthode au sulfate ferreux ne peut être envisagée que lorsque les acides ne contiennent pas de fer, soit à l'état de sulfate, soit à l'état d'oxyde (cendres de pyrites en suspension).

L'analyse au nitromètre des acides sulfoazotés impurs est également impossible. On sait en effet que le bioxyde d'azote forme avec un grand nombre de solutions salines (sulfate de cuivre, chlorure ferreux, sulfate ferreux, phosphate ferreux) des composés complexes, stables ou instables. Il s'ensuit que, si l'on introduit dans le nitromètre un acide ferreux ou cuivreux, une certaine quantité de bioxyde restera combinée à l'état de sel complexe de fer (rouge) ou de cuivre (violet).

La formation et la stabilité des complexes dépend de la pression, de la concentration et de la température; mais, dans les conditions usuelles de l'analyse au nitromètre, l'acide est en général trop concentré et la température trop basse pour que la décomposition de ces sels puisse être complète.

Une certaine quantité de gaz NO se dégage donc, une autre partie restant en solution, combinée au métal. C'est ce qu'on peut mettre en évidence de la manière suivante :

On chasse peu à peu du nitromètre, par le tube d'évacuation latéral, le gaz NO, jusqu'à amener l'acide au niveau de la partie supérieure de l'appareil. Puis on fait écouler cet acide goutte à goutte dans une solution de permanganate de potasse, maintenue en agitation. L'oxydation du bioxyde et des sels ferreux et mercureux est complète. On obtient donc ainsi, en solution nitrique, tous les oxydes et acides d'azote qui n'avaient pu être décelés volumétriquement. En traitant cette solution par le chlorure ferreux, dans le flacon d'un appareil Schlœsing, l'acide nitrique est à nouveau réduit et fournit, par dégagement sur une cuve à eau, une nouvelle quantité de bioxyde d'azote.

Si l'on a opéré avec un acide de titre nitreux connu, on trouve que la somme des volumes (à $0^\circ - 760^{mm}$) dégagés au nitromètre et sur la cuve Schlœsing, correspond à la teneur exacte de l'acide considéré.

Il résulte donc de ce qui précède que le dosage des produits azotés dans les acides sulfuriques industriels, et dans les acides du commerce, ne peut

être effectué par aucune des méthodes examinées, ces méthodes conduisant soit à des phénomènes de réduction, soit à la formation de sels complexes de bioxyde d'azote. Par contre la méthode au chlorure ferreux (ou méthode de Schlœsing) donne, pour le dosage des acides et des oxydes de l'azote, des résultats d'une précision satisfaisante pour les besoins de la pratique courante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'amidure de sodium sur les chlorures dérivant d'une aldéhyde et d'une cétone par l'emploi du pentachlorure de phosphore.* Note de M. **Bourguel**, présentée par M. Haller.

Les dichlorures que l'on obtient par l'action de PCl^5 sur les aldéhydes ou sur les cétones ont été souvent employés comme point de départ dans la préparation des carbures acétyléniques vrais. Cela est surtout avantageux quand aldéhyde ou cétone sont des produits naturels.

Le traitement par la potasse d'un de ces chlorures nécessite une très longue chauffe soit en tubes scellés avec la potasse alcoolique à 120°, soit en tubes de fer à 200° avec la potasse sèche, opérations longues et pénibles dont le résultat n'est pas très satisfaisant, surtout dans le cas des cétones où le carbure substitué est le produit principal. C'est ainsi que le traitement de la méthyl-*n*-propylcétone donne un mélange de pentines, inséparables par distillation, bouillant de 45° à 55°, alors que le carbure vrai bout à 40°, le substitué à 55°; que la méthyl-*n*-butylcétone donne un mélange bouillant de 80° à 85°, alors que l'hexine vrai bout à 70°, l'hexine substitué à 83°.

J'ai essayé sur ces chlorures l'amidure de sodium qui m'avait si bien réussi avec divers bromures. Les résultats ont été concluants : entre 100° et 130°, en suspention dans le xylène ou le toluène, l'amidure de sodium enlève 2^{mol} d'acide chlorhydrique et donne le carbure acétylénique vrai et pur, avec un rendement d'environ 60 pour 100.

Comme aldéhyde j'ai pris l'œnanthol, qui traitée par PCl^5 donne les deux chlorures $C^5H^{11}CH^2-CHCl^2$ et $C^5H^{11}CH=CHCl$. Ces deux chlorures ont été séparés, purifiés soigneusement et traités séparément. Tous deux ont donné un heptine bouillant de 99° à 100°,5, c'est-à-dire l'heptine normal vrai seul (l'heptine substitué bout à 112°, l'heptine vrai régénéré de sa combinaison cuprique à 99°).

La cétone dont je suis parti est la méthyl-*n*-propylcétone

$$C^3H^7-CO-CH^3.$$

Je me suis attaché à faire réagir l'amidure sur un corps bien défini

$$C^3H^7 - CCl^2 - CH^3.$$

Or il ne semble pas que ce dernier composé ait été jusqu'ici isolé. Bruylants qui le premier a traité cette cétone par PCl^5 indique que le dichlorure se décompose à la distillation et que l'on arrive finalement au chlorure éthylénique $C^3H^7 - CCl = CH^2$ dont le point d'ébullition est, dit-il, 95°-97°. D'autres auteurs mentionnent sans préciser un dichlorure bouillant dans l'intervalle d'une dizaine de degrés.

En employant les précautions indiquées plus loin j'ai isolé deux corps du produit brut de l'action du pentachlorure de phosphore sur la cétone.

1° 35 pour 100 d'un éthylénique monochloré $C^2H^5 - CH^2 - CCl = CH^2$ (ou bien $C^2H^5 - CH = CCl - CH^3$) bouillant à 88°-89° sous 760^{mm}, de densité $d_{24} = 0,903$, d'indice $\eta_D^{24} = 1,421$, contenant 34,4 pour 100 de chlore; calculé 33,7 pour 100.

2° 30 pour 100 d'un dichlorure $C^2H^5 - CH^2 - CCl^2 - CH^3$ bouillant à 36°-37° sous 20^{mm}, à 128°-129° (corrigée) sous 760^{mm}, sans décomposition sensible, de densité $d_{20} = 1,040$, d'indice $\eta_D^{20} = 1,434$, contenant 49,7 pour 100 de chlore; calculé 50,3 pour 100.

Ce n'est pas, comme le pensait Bruylants, lors de la distillation que le dichlorure perd 1^{mol} d'acide chlorhydrique. En effet, si dans l'action de la cétone sur PCl^5 on a soin que jamais la température ne s'élève au-dessus de 0°, on constate malgré cela un abondant dégagement de gaz chlorhydrique, puis le produit de la réaction ne perd plus d'acide s'il est bien lavé, bien neutralisé et distillé sous des vides variant de 150^{mm} à 20^{mm} de telle façon que la température ne dépasse pas 45°. Il donne dans ces conditions les deux chlorures mentionnés plus haut, et en particulier le dichlorure stable à la distillation sous pression normale.

L'explication de la formation du monochlorure éthylénique paraît plus compliquée que ne pensait Bruylants. Il est bizarre que le dichlorure perde à froid 1^{mol} d'acide chlorhydrique, d'autant plus qu'il est en présence d'une solution saturée en acide. Au contraire la réaction inverse semble probable. L'éthylénique chloré pourrait fixer HCl.

L'hypothèse de l'existence d'une forme énolique existant même en très faible quantité dans la cétone permettrait d'expliquer la formation directe de ce monochlorure. Un énol de la forme

$$C^2H^5 - CH^2 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} = CH^2$$

donnerait suivant l'équation

$$C^2H^5 - CH^2 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} = CH^2 + PCl^5 = HCl + POCl^3 + C^2H^5 - CH^2 - CCl = CH^2$$

justement $C^3H^7 - CCl = CH^2$.

Il faudrait imaginer en outre qu'à l'équilibre il y a très peu d'énol, mais que la vitesse de rétablissement de l'équilibre ainsi que celle de la réaction sur l'énol sont grandes par rapport à celle de l'action sur le groupement cétone.

Les choses se passent de même façon avec l'aldéhyde œnanthylique ainsi qu'avec d'autres cétones; toutefois dans le cas de l'œnanthol il y a peu du dérivé éthylénique.

Le chlorure ainsi préparé $C^3H^7 - CCl = CH^2$ réagit sur l'amidure de sodium. La réaction est plus lente que dans le cas du bromure correspondant, mais conduit aussi au pentine vrai.

Le dichlorure $C^3H^7 - CCl^2 - CH^3$ réagit plus aisément. La réaction se poursuit en deux phases très nettes : d'abord il se forme le monochlorure précédent dont une petite partie est entraînée par l'ammoniac dégagé, puis, plus lentement, le pentine vrai parfaitement exempt de son isomère.

En aucun de ces quatre cas il ne se forme d'acétylénique substitué en quantité appréciable.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variation de la composition des gaz spontanés des sources thermales avec les séismes.* Note de M. V. Crémieu, présentée par M. Charles Moureu.

En vue d'applications industrielles, on a été amené à capter les gaz spontanés qui se dégagent du massif archéen du mont Caroux (à Colombières, Hérault) dans des pegmatites à céricites et tourmalines.

Les captations sont de deux sortes : les unes sont constituées par de simples cloches placées au-dessus des sources d'eau minérale; les autres sont formées par des galeries horizontales à doubles parois avec joint hydraulique percées en plein massif.

Les gaz recueillis ont été analysés à plusieurs reprises par M. Lepape qui a déterminé la composition de l'*azote brut* pour différents griffons.

Cette composition s'est montrée assez variable, comme le prouvent les deux analyses ci-après rapportées :

Analyses de M. Lepape.

Azote pour 100, en volumes	70	91
Oxygène	27,5	6,9
Gaz rares (en bloc)	2,5	2
Argon	2,15	1,55
Hélium	0,35	0,45

Analyses de M. Crémieu.

Emanation du radium en curies $\times 10^{-9}$ par litre.	2400	175

D'autre part, les nécessités industrielles obligent à doser chaque jour la teneur en CO^2 et en émanation du radium.

Les résultats de ces analyses, poursuivies depuis 1912, sont les suivants :

1° La teneur en CO^2 varie de 84 à 98 pour 100; et il n'existe aucune relation entre les variations de composition des gaz et celles des conditions atmosphériques, journalières ou saisonnières.

La seule relation apparente réside dans une diminution assez sensible de la teneur en CO^2 après de longues périodes de sécheresse. Mais cette variation est continue et ne présente aucun à-coup brusque (97,5 pour 100 CO^2 à 94,5 pour 100, d'octobre à décembre 1921).

2° La teneur en émanation du radium est sensiblement constante, quelles que soient les variations de teneur en CO^2.

La teneur moyenne a passé régulièrement de 8 millimicrocuries à 18 millimicrocuries par litre de gaz brut de 1912 à 1923.

Il y a un point qui restait profondément mystérieux, c'est la cause des variations brusques de teneur moyenne en CO^2.

Les différentes captations sont réunies, par une série de canalisations appropriées, à un réservoir de 5^{m^3} sur lequel un compresseur aspire nuit et jour, sans arrêt, envoyant le gaz dans un gazomètre de 100^{m^3}. Ce gaz est ensuite repris par des compresseurs à trois étages et liquifié, pendant 3 ou 4 heures de travail diurne de l'usine.

C'est sur les résultats des analyses quotidiennes des gaz du gazomètre que se manifestent les variations brusques que nous avons notées, depuis 1912, sans parvenir à nous les expliquer. Toutes causes d'erreur d'analyse, de rentrée d'air accidentelle par défaut d'étanchéité des tuyauteries ou galeries de captation ont été soigneusement éliminées.

Or, le 15 juillet 1923, un léger tremblement de terre a parcouru le littoral méditerranéen depuis Perpignan jusqu'à Montpellier; il a été ressenti à Lamalou et à Colombières même.

Le 16 juillet au matin, l'analyse des gaz du gazomètre a donné 89 pour 100 de CO^2, alors que le 15 on avait trouvé 96 pour 100.

D'ailleurs, la teneur en CO^2 ne s'est que très lentement améliorée, et ce n'est que le 22 juillet qu'on a retrouvé 95 pour 100.

J'ai, de suite, pensé qu'il pouvait exister une relation de cause à effet entre ces mystérieuses variations de composition des gaz naturels et les microséismes.

Au cours d'expériences de gravitation effectuées de 1908 à 1911, dans un laboratoire installé sur les schistes dévoniens qui surmontent le terrain archéen du massif du Caroux, j'avais été amené à constater que des variations de la verticale, allant de quelques centièmes de seconde à plusieurs secondes d'arc, se produisent très fréquemment dans les Cévennes méridionales ([1]).

Devant les constatations faites le 16 juillet 1923, j'ai installé un microséismographe du système que j'ai décrit dans les *Comptes rendus* de mai 1909, février et mars 1913. Cette installation, terminée le 24 juillet, m'a permis de constater toute une série de microséismes, qui sont allés en croissant en intensité jusqu'au 4 septembre 1923, soit 48 heures après le tremblement de terre de Yokohama, et qui ont été ensuite en diminuant d'intensité, jusque vers le 25 septembre.

En même temps, la composition des gaz naturels a présenté toute une série de variations brusques, passant, du jour au lendemain, de 94 à 86 pour 100 par exemple. La composition n'est redevenue stable que depuis le 25 septembre, où elle se maintient à 94 pour 100 CO^2.

En particulier, le séisme qui a été ressenti à l'île de Malte le 20 septembre, a été suivi d'un passage brusque de 94 à 89 pour 100 CO^2.

L'influence des séismes sur la composition des gaz spontanés me paraît donc probable.

Il se peut que les gaz du massif archéen du Caroux soient formés en partie de CO^2 provenant de la nappe d'eau minérale souterraine, relativement peu profonde, et en partie d'azote brut, c'est-à-dire d'un mélange d'azote et de gaz rares, provenant de couches beaucoup plus profondes.

Les séismes ont pour effet d'ouvrir des exutoires plus larges à cet azote brut, d'où les variations de composition en CO^2 du gaz naturel recueilli.

Le fait constaté de la diminution continue en CO^2 avec les longues sécheresses viendrait à l'appui de cette thèse, la nappe d'eau souterraine baissant certainement de niveau avec les sécheresses prolongées.

([1]) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1161.

Un seul point demeure encore inexpliqué, c'est la constance de la teneur moyenne en émanation du radium des gaz, malgré les variations de teneur en CO^2 et aussi l'augmentation progressive, constatée depuis 11 ans, de cette teneur en émanation.

Le fait que, d'un griffon à l'autre, distants de quelques mètres à peine, on constate des changements considérables (6 à 57.10^{-9} curie), rend tout essai d'interprération très précaire.

En se basant sur la période de l'émanation du radium, et sur le débit en eau minérale, on trouve, par un calcul approximatif, que les sels radioactifs qui émettent cette émanation sont à une distance comprise entre 300^m et 3000^m des griffons. Mais il n'y a aucune raison plausible à invoquer pour expliquer que cette distance ait pu varier de manière à provoquer l'augmentation progressive signalée plus haut.

Les mêmes constatations ont été faites par d'autres observateurs, en plusieurs points du globe, en particulier par M. Lepape, à Luchon. C'est donc un phénomène assez général. Son explication pourrait permettre de simplifier la recherche des gisements radifères.

SCIENCE DES SOLS. — *Sur la limite d'accumulation de l'humus dans les sols, à propos d'observations sur des sols de la Nièvre.* Note de M. V. Agafonoff, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai effectué, en septembre 1922, quelques excursions dans le département de la Nièvre en vue d'études sur les sols.

J'ai pu examiner de près dans la forêt environnant Champollement, parmi les ruines d'une ville gallo-romaine [1], les restes d'un mur construit avec la roche locale (grès hettangien).

Sous l'influence d'agents atmosphériques et biologiques il s'est formé, sur ce mur, un sol de 10^{cm} d'épaisseur. Sablonneux, brunâtre, rempli d'une grande quantité de racines peu décomposées, il se trouve directement superposé au grès hettangien.

L'analyse microscopique montre que ce sol est composé principalement de grains de quartz (diamètre moyen $0^{mm},018$); parfois, mais très rarement,

---

[1] M. Boniard, *Mémoire sur les ruines d'une ville gallo-romaine existant dans les forêts de Compière et de Saint-Reverein et terrains adjacents...* (Clamecy, 1842).

on peut y trouver de petits fragments d'orthose, de microcline, de zircon et de tourmaline. Presque tous ces grains sont entourés de matière organique brunâtre ou noire et parfois d'un ciment argilo-ferrugineux jaunâtre ([1]).

L'âge de ce sol ne peut dépasser 2000 ans puisqu'il est postérieur à la construction gallo-romaine.

Pour comparer les propriétés physiques et chimiques de ce sol d'origine récente avec celles de sols ordinaires, formés sur le même grès, j'ai prélevé des échantillons dans un pré à 300^m à l'ouest du mur en ruine.

Ce dernier sol, également sablonneux et brunâtre, renferme beaucoup moins de racines que le premier, et son épaisseur est deux fois et demi plus grande; on peut même le diviser en deux horizons : A (épaisseur : 10^{cm}; coloration plus foncée) et B (épaisseur : 15^{cm}; moins coloré); ce dernier horizon se trouve directement sur le grès hettangien.

Les plaques minces du sol de l'horizon A offrent presque la même composition minéralogique que celles du sol des ruines.

Les poids spécifiques *apparents* de ces deux sols sont presque identiques.

Le Tableau ci-dessous indique la richesse en humus de ces deux sols, formés sur la même roche pendant des durées de temps différentes : le premier pendant deux mille ans au maximum, le second pendant une période incomparablement plus longue.

			Méthode Simon au chromate d'argent.	
Prises d'essais.	Épaisseur.	Poids spécifique apparent.	Carbone p. 100.	Humus p. 100.
Sol formé sur un mur construit en grès hettangien dans les ruines gallo-romaines de la forêt de Champollement (Nièvre)........	Horizons A+B, 10^{cm}	1,415	1,7	2,92
Sol formé sur le même grès hettangien dans un pré, à 300^m du précédent. Horizon A (à 5^{cm} de la surface)......................	Horizon A, 10^{cm}	1,422	1,86	3,21
Le même sol. Horizon B (à 20^{cm} de la surface)......................	Horizon B, 15^{cm}	1,467	0,86	1,48

M. Rouprecht a proposé le premier de calculer l'âge absolu des *tchernozioms*

([1]) Les plaques minces du grès, sur lequel se formait ce sol, indiquent presque la même composition, mais les feldspaths ne sont pas si rares et la matière organique est absente.

en comparant la richesse en humus de ces sols avec celle des sols, peu épais, formés sur des « Kourganes » qui remontent à 600-800 ans (¹). Mais M. V. Dokoutchaïeff a démontré, depuis une quarantaine d'années, que cette méthode est inapplicable, parce que l'enrichissement en humus d'un sol a une limite, par suite de l'équilibre qui s'établit finalement entre l'accumulation des matières organiques et leur décomposition (²).

Comme on le voit par le Tableau ci-dessus, les quantités d'humus des deux sols étudiés sont presque les mêmes si l'on compare, comme on le fait toujours, le premier sol à l'horizon A du second. Il est évident que l'équilibre est déjà atteint ici pour une durée de 2000 ans au plus.

Il est certain que pour les sols d'autres types, qui se forment sous d'autres climats et sur d'autres roches-mères, cette limite d'accroissement de l'humus peut avoir lieu plus tôt ou plus tard que pour les sols nivernais dont l'étude fait l'objet de cette Note.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Éléphants fossiles d'Angleterre : le Mammouth en Angleterre et dans la mer du Nord.* Note (³) de M. G. **Pontier**, présentée par M. Ch. Depéret.

Parmi les Éléphants fossiles des Iles Britanniques, le Mammouth (*Elephas primigenius* Blum.) est le plus abondant; c'est aussi celui dont la dispersion a été la plus grande et la survie la plus longue. On ne l'a pas rencontré jusqu'ici dans le Crag de Suffolk ni dans le Crag de Norwich. L'existence du Mammouth pré-glaciaire a même été longtemps mise en doute. Cependant des documents certains attestent sa présence dans le Forest-bed de Cromer. Sur la côte du Norfolk, on le rencontre associé à des espèces plus anciennes : *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas antiquus* Falconer, *Elephas trogontherii* Pohlig.

Certaines pièces d'*E. primigenius* sont indiquées de niveaux supérieurs, tels que le « Laminated blue clay », le « Boulder clay » et le « Drift », bien que quelques-unes, par leur incrustation ferrugineuse (Iron pan), pro-

---

(¹) On désigne sous le nom de « Kourganes », en Russie, de vastes tumulus de terre recouvrant des tombes anciennes.

(²) Voir V. Agafonoff, *Les tentatives de détermination d'âges des sols et des dépôts semblables* (*Matériaux d'études sur les sols russes*, 5ᵉ fasc., 1890, Pétrograd).

(³) Séance du 22 octobre 1923.

viennent certainement du Forest-bed. Telle la pièce 40699 (Brit. Mus.) qui avec les caractères de l'espèce, possède un émail plus épais, des extrémités de digitations plus nombreuses et une formule laminaire de $x - 22 - x$ qui en font un type légèrement archaïque; longueur conservée de la couronne $= 288^{mm}$ sur 66^{mm} de largeur; fréquence laminaire $= 8$ lames pour dix centimètres, comme chez le Mammouth typique.

D'autres pièces (Woodwardian Museum) montrent le revêtement ferrugineux du Forest-bed. Il en est de même dans la collection Savin, notamment une M[1] d'Overstrand, qui compte 11 lames sur 231^{mm} avec un émail plissé comme chez certains Mammouths du type italien et fréquenee laminaire de 9 lames sur dix centimètres.

La formule dentaire pour les types du Forest-bed varie entre $x - 18 - x$ et $x - 22 - x$.

Le Mammouth passe dans le Laminated blue clay, sans y être commun. Tel le fragment de Lawford, près Rigby (Univ. d'Oxford) et les pièces de la collection S.-W. King, citées par Falconer (1). La fréquence laminaire de ces pièces égale 8.

Poursuivant son évolution, l'*E. primigenius* se maintient dans toute l'étendue des formations tyrrhéniennes (terrasse de 30^{m}) associé à l'*E. trogontherii* Pohlig, à l'*E. antiquus* Falconer, à l'*E. priscus* Falconer non Goldfuss. Il est cité d'une foule de localités dont Leith-Adams donne la liste dans sa « Monographie ». Il est surtout commun dans la vallée de la Tamise (Ilford, Brentford) et les M de ce niveau ont une formule dentaire variant de $x - 19 - x$ (dent d'Ilford) à $x - 24 - x$ (dents de Crayford et de Brentford). Leur fréquence laminaire varie de 8 à 9.

A ce même niveau existe une *espèce naine* ne dépassant pas la taille de l'*E. melitensis* L. Ad. : c'est l'*Elephas primigenius* var. *Leith Adamsi* Pohlig qui a été retrouvée dans le nord de la France (2).

Le Mammouth type devient moins fréquent dans le niveau monastirien (terrasse 18^{m}-20^{m}) et va même bientôt disparaître. Mais alors apparaît la forme sibérienne, *E. primigenius* var. *sibiricus* avec formule dentaire variant entre $x - 24 - x$ et $x - 29 - x$.

Si le Mammouth se rencontre dans les éboulis de la côte anglaise avec les espèces plus anciennes, il est encore plus commun dans le détroit et la

(1) Falconer indique que les fragments de molaires de ce gisement dégagent, lorsqu'on en brûle un fragment, une odeur ammoniacale caractéristique due à la présence de matière organique.

(2) PONTIER, *Sur l'existence de l'*Elephas primigenius *var.* Leith Adamsi *dans la région d'Arques* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, 1922).

mer du Nord. Comme pièces intéressantes des côtes d'Angleterre, on peut citer deux M^3 d'un animal de petite taille, draguées au large de Felvetow (Collection Pontier). Elles ont une teinte brun chocolat comme certains fossiles du Crag, mais cette imprégnation est superficielle et laisse paraître quelques parties plus blanches. La formule dentaire $x - 18 - x$ est réduite par l'abrasion fort avancée; l'émail est très fin, les lames très serrées, la fréquence laminaire est de 9 pour la molaire inférieure coupée plus obliquement et de 10 pour la molaire d'en haut. C'est un caractère du type sibérien.

Il existe plus loin des côtes, de nombreux dépôts ossifères sous-marins : au Burying Ground, en face d'Ostende, au Dogger Bank, au nord de Dunkerque et dans le détroit du Pas de Calais. Une belle série de pièces draguées par les pêcheurs boulonnais a été réunie par Sauvage au Musée de Boulogne, où j'ai pu les étudier. Citons le n° 1380 : mandibule ramenée au chalut dans le détroit avec M_2 usagée n'ayant plus que 15 lames, un émail très fin et une fréquence laminaire de 10.

Le n° 2874 est une autre mandibule complète trouvée en face d'Ostende, entre West Hinder et North Hinder; elle provient d'un animal de moyenne taille et montre des restes de M_2, plus M_3 encore engagée dans l'alvéole, avec seulement 18 lames visibles, mais par le canal dentaire largement ouvert, on constate que la formule a dû dépasser $x - 24 - x$ lames. Longueur de la couronne : 10^{cm} sur 7^{cm} de large; fréquence laminaire : 11; émail très fin et non festonné.

Des molaires isolées offrent les mêmes caractères, telle une M_3 gauche, n° 1385, où il ne manque que deux lames plus le talon; émail peu épais, fréquence laminaire un peu supérieure à 9. De même encore le n° 7201 est une M inférieure droite draguée dans le Pas de Calais : longueur 13^{cm} sur $8^{cm},3$ de largeur et 15^{cm} de hauteur; 15 lames en fonction; fréquence laminaire : 10. Une autre M supérieure, n° 3185, draguée au nord de Galoper, couverte comme les pièces précédentes de serpules et de bryozoaires, présente une fréquence laminaire de 10. Je signalerai dans la même série, n° 1383, une belle défense de petite taille trouvée au banc Sapin, près Boulogne; sa courbe très spiralée indique le Mammouth sibérien.

La curieuse fréquence du Mammouth dans la mer du Nord s'explique peut-être par la submersion de troupeaux d'éléphants au moment de l'ouverture du détroit, ce qui daterait la transgression marine de la fin du Quaternaire? Peut-être aussi s'agit-il d'animaux noyés dans les fleuves et entraînés à la mer?

La migration du rameau sibérien en Europe a été assez tardive et

correspond au refroidissement général de nos contrées. MM. Depéret et Mayet [1] insistent sur ce point et établissent pour cette espèce à épaisse fourrure, un rameau spécial adapté à un climat rigoureux. La migration de ce rameau, en Angleterre a dû se faire en même temps, comme le prouve la présence de ce même type sibérien dans le Monastirien continental.

Quant à la forme type du centre de l'Europe, qui descend directement de la mutation archaïque de Cromer, elle était sur son déclin et en voie de s'éteindre, comme le rameau parallèle de l'*E. trogontherii,* à la fin du Tyrrhénien.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du rôle physiologique de la nervation des feuilles.* Note de M. V. **Lubimenko** et Mme S. **Fichtenholz**, présentée par M. M. Molliard.

On considère ordinairement la nervation des feuilles comme un appareil conducteur destiné au transport de l'eau et des sels minéraux ainsi que des substances organiques élaborées par la feuille. Une forte perte d'eau par la transpiration a inspiré l'idée que la structure anatomique et le plus ou moins grand développement du réseau de la nervation du limbe est en rapport direct avec le transport d'eau vers la feuille. Grâce aux nombreuses recherches anatomiques sur les plantes aquatiques, hygrophytes et xérophytes, cette idée a pris la forme d'une notion élémentaire. Mais l'examen de la bibliographie physiologique nous montre que cette notion n'est nullement prouvée par les expériences appropriées. C'est pourquoi nous avons entrepris des recherches physiologiques sur le fonctionnement de la nervation.

Tout d'abord, nous nous sommes proposé de déterminer expérimentalement le rapport qui existe entre le développement du réseau de la nervation et le transport de l'eau dans le limbe de la feuille. Dans ce but, nous avons fait une série d'expériences sur les feuilles des arbres et arbrisseaux, pendant la période la plus chaude et la plus sèche de l'été, en coupant les nervures principales à la base du limbe. Nous avons voulu déterminer par cette méthode le diamètre minimum des voies conductrices nécessaire à l'alimentation normale du limbe. L'opération a été faite sur un grand nombre de feuilles appartenant aux espèces suivantes : *Acer platanoides*, *Esculus Hip-*

---

[1] Ch. Deperet et L. Mayet. *Les Éléphants pliocènes d'Europe et de l'Afrique du Nord* (*Annales de l'Université de Lyon*, 1923, 11 planches, 72 figures).

pocastanum, *Cornus Mas*, *Philadelphus coronarius*, *Rubus Idœus*, *Rubus odoratus*, *Salix Caprea*, *Sambucus racemosa*, *Syringa vulgaris*, *Tilia parvifolia*, *Ulmus effusa*, *Polygonum Sacchalinense*.

Les feuilles opérées perdaient tout de suite l'orientation normale du limbe qui restait suspendu verticalement. Dans beaucoup de cas le vent déchirait le tissu parenchymateux et arrachait les feuilles. Mais un grand nombre de feuilles opérées sont restées attachées de 3 à 8 semaines sans perdre leur turgescence et l'aspect normal. L'examen anatomique a montré que la surface de la section transversale des voies conductrices peut être diminuée. sans danger pour le limbe, chez l'*Acer platanoides* à $\frac{1}{12}$, chez l'*Æsculus Hippocastanum* à $\frac{1}{16}$, chez le *Salix Caprea* à $\frac{1}{44}$.

Il est intéressant de noter aussi qu'à l'automne ces feuilles opérées commençaient à jaunir en même temps que les feuilles normales. C'est seulement chez le *Polygonum Sacchalinense* que nous avons constaté le jaunissement précoce chez les feuilles opérées. Si l'on coupe les nervures chez les jeunes feuilles, on constate pour certaines espèces, par exemple pour le *Rubus odoratus*, l'interruption ou le ralentissement de la croissance du limbe; chez d'autres espèces, par exemple chez l'*Acer platanoides*, la croissance se produit normalement.

Après avoir constaté par ces expériences préliminaires que le transport d'eau ne joue pas le rôle principal dans le fonctionnement de la nervation nous avons entrepris de nouvelles recherches dans la même direction.

Mme Fichtenholz a cultivé dans des pots ordinaires *Silene noctiflora*, *Plantago lanceolata*, *Lychnis chalcedonica*, *Campanula rapunculoides*, *Hordeum vulgare* et *Avena sativa*. Les plantules obtenues par la germination des graines de chaque espèce ont été divisées en trois lots. Chez les plantes du premier lot, on coupait à la base du limbe les principales nervures de toutes les feuilles jeunes au fur et à mesure de leur apparition; chez les plantes du second lot les feuilles ont été alternativement opérées et laissées intactes. Si le limbe de la feuille opérée s'allongeait, l'endroit opéré se trouvait porté vers le milieu de la longueur du limbe, alors on faisait une nouvelle coupure à la nouvelle base. Enfin, le troisième lot servait de témoin.

Au bout de trois mois les plantes, portant en ce moment des fleurs et des fruits, ont été enlevées du sol. L'examen détaillé a montré que le développement normal de la plante n'est nullement entravé par la rupture de la communication directe entre la feuille et la tige qui se fait habituellement par les nervures principales.

L'influence de cette rupture se manifeste seulement par l'amoindrissement de la production de la substance sèche.

Voici le poids sec moyen d'une seule plante obtenu à la fin de l'expérience :

	Plantes témoins.	Plantes opérées	
		Moitié des feuilles.	Toutes les feuilles.
Lychnis chalcedonica	3^g,25	3^g,28	3^g,15
Plantago lanceolata	2,37	2,08	2,20
Campanula rapunculoides	3,66	3,98	1,92
Silene noctiflora	2,26	2,10	1,54
Hordeum vulgare	1,37	0,65	0,71
Avena sativa	1,57	0,76	0,77

On voit par ces chiffres que, même chez les plantes dont toutes les feuilles ont été opérées, la diminution de la substance sèche ne dépasse pas 50 pour 100 et elle est très faible chez certaines espèces.

Il est intéressant de noter que, dans la plupart des cas, les feuilles opérées à l'état jeune atteignent leur grandeur normale ; c'est seulement chez le *Campanula ranunculoides* que les limbes des feuilles opérées sont restés plus petits que ceux des feuilles normales.

Enfin, l'analyse a montré que la proportion d'eau renfermée dans les tissus vivants des plantes opérées est un peu plus grande qne chez les plantes témoins.

Des résultats de toutes ces expériences, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le rôle physiologique de la nervation des feuilles consiste, en premier lieu, à servir de soutien mécanique au limbe; aussi la mutilation d'une nervure principale produit immédiatement une orientation anormale du limbe.

2° Le transport des substances organiques joue un rôle moins important dans le fonctionnement de la nervation; la diminution de la production totale de substance sèche par suite de la mutilation de toutes les nervures principales ne dépasse pas 50 pour 100. C'est surtout le développement du système radiculaire qui se trouve entravé dans ce cas.

3° Enfin le transport d'eau n'occupe que la troisième place dans le fonctionnement de la nervation ; c'est pourquoi l'affluence normale de l'eau dans le limbe n'est nullement arrêtée quand on isole même complètement les voies conductrices principales du limbe de celles de la tige.

Il est très probable que, chez les espèces de différents types biologiques et dans les diverses conditions extérieures, le rapport entre ces trois fonctions de la nervation change, mais c'est seulement par l'expérience directe qu'on peut déterminer le sens de ce changement.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la formation du glucose aux dépens de l'alanine et des acides lactique et pyruvique.* Note de MM. **E. Aubel** et **R. Wurmser**, présentée par M. Henneguy.

Les travaux de Graham Lusk, de Ringer, de Dakin ont montré que, chez le Chien phloriziné, l'alanine et l'acide lactique donnent sensiblement leur poids d'extra-glucose, tandis que l'acide pyruvique donne des quantités inférieures, et d'ailleurs variables, de cet hydrate de carbone. On interprète ordinairement ces faits en disant que l'alanine, l'acide lactique, l'acide pyruvique se sont transformés dans l'organisme en glucose. On sait, d'autre part, qu'une certaine quantité d'hydrates de carbone ou de corps glycoformateurs est nécessaire pour empêcher la formation de corps cétoniques au cours de la combustion des graisses. L'alanine, l'acide lactique, l'acide pyruvique sont des anticétogènes. Nous pouvons donc admettre, si l'hypothèse classique est exacte, que ces corps agissent en se transformant en glucose : dans ce cas, nous devons nous attendre à trouver que l'alanine et l'acide lactique peuvent être substitués à poids sensiblement égal à du glucose, et l'acide pyruvique, à poids plus élevé, pour empêcher l'acétonurie, de même que, dans les expériences sur les Chiens phlorizinés, ils peuvent être substitués à un hydrate de carbone pour donner de l'extra-glucose. Nous avons cherché à vérifier cette manière de voir.

Nous avons fourni à des sujets, pour toute alimentation, pendant la durée des expériences qui s'étendait sur une période de deux semaines environ, le coagulum de 3^l de lait, c'est-à-dire 100^g d'albumine et 100^g de graisse, auquel on ajoutait des quantités variables soit de glucose, soit d'alanine, soit d'acide lactique, soit d'acide pyruvique (sous forme de sel de sodium). On cherchait pour quel taux de chacun de ces corps apparaissait l'acétonurie.

Les résultats exprimés en grammes ont été les suivants :

Glucose	23	25	24	23	25	25	24	25	23	25
Acide lactique	25	27	28	24	25	27	27			
Alanine	26	27	27							
Acide pyruvique	35	30	32	40	30	35	30	30		

Ainsi 92 pour 100 de l'alanine et de l'acide lactique se sont transformés en glucose, tandis que, dans les cas les plus favorables, cette transformation n'a porté que sur 80 pour 100 d'acide pyruvique.

Cherchons maintenant à interpréter ces résultats. Les transformations effectuées peuvent être représentées par les équations globales suivantes :

$$2CH^3.CHOH.COOH = C^6H^{12}O^6,$$
$$2CH^3.CH.NH^2.COOH + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + 2NH^3,$$
$$2CH^3.CO.COOH + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + O^2.$$

Nous ne connaissons pas les affinités de ces réactions, mais nous pouvons, en première approximation ([1]), raisonner sur les données thermochimiques. Les deux premières transformations évoluent avec une absorption, relativement faible, de 34000 et de 67000 calories. La réduction de l'acide pyruvique correspond au contraire à l'absorption de 150000 calories environ. Tous ces corps, introduits dans l'organisme, peuvent ou bien brûler simplement, ou être réduits par couplage avec l'oxydation d'une certaine quantité de graisses ou de dérivés des graisses. La relation connue entre la probabilité d'une transformation et la diminution d'énergie libre qui lui correspond nous indique que les molécules d'acide pyruvique auront plus de chance d'être oxydées suivant une combustion ordinaire que les molécules d'acide lactique et d'alanine. D'où le plus grand poids d'acide pyruvique nécessaire pour produire une même quantité de glucose.

D'importantes conséquences résultent de la nécessité du couplage. Si nous admettons que celui-ci est purement chimique, c'est-à-dire se fait de molécule à molécule suivant le type :

$$\begin{cases} 2CH^3.CO.COOH + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + O^2, \\ A + O^2 = AO^2, \end{cases}$$

on trouve que l'alanine, l'acide pyruvique et l'acide lactique ne peuvent pas être transformés directement en glucose et les stades intermédiaires pourront être déduits de bilans complets à la fois chimiques et thermiques, c'est-à-dire de la détermination des rendements. Inversement, si ces bilans mettaient en évidence des couplages incompatibles avec l'hypothèse d'un mécanisme purement chimique, il faudrait conclure à l'existence, chez tous les êtres, de mécanismes semblables à ceux qui rendent possible la vie autotrophe ([2]). Nous poursuivons actuellement nos recherches à ce point de vue.

([1]) R. WURMSER, *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 506-528.

([2]) *Loc. cit.*

PSYCHO-PHYSIOLOGIE. — *Sur la psycho-physiologie des phénomènes visuels chez les animaux.* Note de MM. **A. Quidor** et **Marcel-A. Hérubel**, présentée par M. Bouvier.

La vision chez les animaux paraît comprendre, comme chez l'homme, des phénomènes physiologiques et des phénomènes psychiques. Les premiers déterminent la formation d'images rétiniennes qui provoquent dans les centres nerveux céphaliques la formation d'images cérébrales. C'est par l'interprétation psychique de ces dernières que l'animal connaît les êtres et les choses qui l'entourent.

Lorsque le nerf optique se divise (chiasma optique), comme chez l'homme, en deux branches aboutissant l'une et l'autre à un hémisphère cérébral, chaque image rétinienne provoque la formation d'une image cérébrale dans chaque hémisphère. L'animal peut alors éprouver des sensations de relief dues, comme chez l'homme, à l'interprétation psychique des deux cérébrales perçues par chaque hémisphère; c'est du moins ce que nous avons montré dans une Note publiée ici même (juillet 1923).

Quand, au contraire, le nerf optique ne subit aucune division, comme chez les poissons, chaque hémisphère ne perçoit qu'une image cérébrale et la sensation de relief ne peut être obtenue comme précédemment. Elle est due alors à l'interprétation psychique des images cérébrales provoquées par les images rétiniennes qui se font successivement sur chaque *fovea* lorsque l'animal se déplace. La vitesse relative du déplacement des différents points de l'espace, dans le champ visuel, est en effet fonction de la distance de ces points à l'œil de l'animal. C'est ainsi, par exemple, que le poisson se déplace autour de l'objet qui excite sa curiosité pour en connaître la forme.

Chez les Arthropodes la perception du relief paraît due, comme chez l'Homme, à l'interprétation psychique des images cérébrales provoquées par les différentes images rétiniennes fournies par un même objet. L'expérience suivante paraît le prouver.

Un test d'oursin préparé par Joseph Jézéquel contient une ampoule électrique qui fonctionne comme source lumineuse. Quatre clichés de cet oursin, mesurant 2^{cm} sur 2^{cm}, sont pris sous des incidences différentes : deux dans un plan vertical, deux dans un plan horizontal. Ces derniers correspondent à deux positions symétriques de l'objectif par rapport au plan vertical.

Les images conjuguées ainsi obtenues sont placées devant chacun des yeux de l'observateur, les deux horizontales devant l'œil droit, les deux verticales devant l'œil gauche. Ces images sont vues au travers de quatre prismes stéréoscopiques groupés par deux (deux devant l'œil droit, deux devant l'œil gauche) et dont l'arête commune est verticale. Cette disposition permet à l'observateur de recevoir deux images rétiniennes sur chaque *fovea;* après avoir examiné les deux prismes du côté droit, puis les deux prismes du côté gauche et avoir ainsi obtenu successivement une image en relief de l'oursin avec l'œil droit, puis avec l'œil gauche, l'observateur ouvre les deux yeux. Il perçoit alors une seule image en relief de l'oursin, mais cette image est mieux définie que précédemment.

Il en est ainsi, sans doute, chez les Arthropodes qui ont des yeux composés ou des ocelles multiples et la fusion psychique des cérébrales dues, chez ces animaux, aux rétiniennes d'un même objet leur permet d'en mieux connaître la forme.

En résumé les perceptions visuelles sont des phénomènes psycho-physiologiques. Elles sont dues, aussi bien chez l'homme que chez les animaux, à la structure de l'appareil visuel, et aux données acquises sur le monde extérieur par l'exercice des autres sens.

EMBRYOGÉNIE. — *Fécondation des œufs utérins de* Ranafusca *et de* Bufo vulgaris *après immersion dans l'eau ou dans les solutions aqueuses de* Na Cl. Note de M. **H. Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Les œufs nus de Batraciens, même immergés dans le sperme, ne sont jamais fécondés. La gangue de mucine qui entoure normalement les œufs mûrs utérins est indispensable pour la pénétration des spermatozoïdes. Cette enveloppe muqueuse peu épaisse sur les œufs prélevés dans les utérus se gonfle rapidement dans l'eau ou dans les solutions salines aqueuses et semble alors former un obstacle à la fécondation. « La pénétration des spermatozoïdes est enrayée », disent les auteurs qni se sont occupés de la question. Il était intéressant de rechercher les causes de cette panne dans les phénomènes de la fécondation. Est-elle due à l'œuf rendu inerte et réfractaire, ou à la gangue devenue impénétrable par l'immersion dans les liquides, ou faut-il rechercher les raisons de ces troubles dans l'inhibition de l'activité du spermatozoïde?

Les recherches de E. Bataillon ont prouvé que pour *Rana fusca* la pénétration

des éléments sexuels mâles dans l'œuf vierge utérin normal se fait en moins de 10 minutes. Dans une étude sur l'activation de l'œuf, le même savant laisse au contact permanent des œufs utérins de grenouille rousse avec des spermes salés de l'espèce aux concentrations de 7, 6, 5 et 4 pour 1000 de NaCl dans l'eau. Il ne se produit pas de fécondation, mais elle peut se faire au retour à l'eau. Ce résultat expérimental laisse supposer que la non-fécondation est imputable en grande partie sinon en totalité aux spermatozoïdes. Pour le prouver, mon protocole expérimental fut le suivant : des œufs utérins vierges de *Rana fusca* ou de *Bufo vulgaris* sont immergés dans l'eau ordinaire ou dans des solutions de NaCl dans l'eau aux concentrations de 2, 4, 7 pour 1000 et pendant des temps variant de 1 heure à 4 heures et demie. Puis le liquide est rejeté et les lots sont fécondés soit avec du sperme à l'eau (liquide spermatique dans l'eau ordinaire), soit avec du sperme au sel (sperme dans l'eau salée par le NaCl à 1,5 ou 2 pour 1000).

Dans une Note antérieure [1] j'ai indiqué que, dans l'eau ordinaire ou dans l'eau distillée aérée, les spermatozoïdes de Grenouille rousse ou de Crapaud conservent relativement peu de temps (environ 3 heures) leur mobilité et leur pouvoir fécondant; les mouvements diminuent progressivement pour finalement devenir nuls. Au contraire, dans les solutions salées isotoniques à 1,5, 2 ou 2,5 pour 1000 de NaCl, l'activité du sperme est beaucoup plus grande et dure beaucoup plus de temps. Même, les mouvements inhibés par les solutions salines plus concentrées reprennent après dilution du liquide aux teneurs précédentes.

Si avec la Grenouille rousse les expériences effectuées en fin de saison ne furent pas aussi démonstratives que celles faites avec le Crapaud, on peut néanmoins dégager de ces recherches les conclusions suivantes vérifiées par l'examen macroscopique et par l'étude cytologique :

1° La gangue des œufs de Grenouille rousse et de Crapaud hydratée et gonflée par l'eau ou par les solutions aqueuses de NaCl à 2, 4, 7 pour 1000 n'est pas un obstacle insurmontable à la fécondation. Elle est traversée si le spermatozoïde a conservé sa mobilité suffisamment de temps. Le sperme à l'eau arrive parfois à traverser la gangue hydratée et provoquer soit quelques segmentations régulières en 2, soit des sillons multiples, indice d'une polyspermie décelée par l'examen macroscopique et par l'étude cytologique. Le même sperme au sel donne un rendement bien supérieur en segmentations en 2.

Le liquide spermatique provenant d'organes génitaux surmatures (mâles de fin de saison) et renfermant des éléments très peu mobiles traverse difficilement et souvent incomplètement la gangue hydratée. Quelques rares œufs seulement sont activés et sont polyspermiques.

2° Il est intéressant de constater que les œufs qui ont été immergés dans

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 654.

le sel à 2 pour 1000 donnent toujours à la fécondation un pourcentage supérieur de segmentations régulières et d'embryons. Ce résultat peut être attribué au Na Cl que la gangue retient et qui fournit un excitant à la mobilité des spermatozoïdes traversant cette gangue.

3° Pour une même température, le sperme au sel traverse plus rapidement et provoque plus vite la fécondation et la segmentation de l'œuf que le sperme correspondant à l'eau. A température égale la pénétration de la gangue hydratée par le spermatozoïde se fait en un temps variable (2 à 3 heures), suivant le degré d'hydratation et surtout suivant la mobilité de l'élément mâle.

4° Il est important de signaler que dans toutes ces expériences, aussi bien sur les œufs à gangue hydratée que sur les œufs utérins normaux, les spermatozoïdes arrivés à leur limite de mobilité provoquent une polyspermie plus ou moins intense.

MICROBIOLOGIE. — *Le microbe de l'agalaxie contagieuse et sa culture* in vitro. Note de MM. **J. Bridré** et **A. Donatien**, présentée par M. Roux.

Celli et de Blasi ont montré que le virus de l'agalaxie contagieuse des brebis et des chèvres traverse certains filtres (bougies Berkefeld, Silbersmith). Le fait a été confirmé par Carré et d'autres expérimentateurs. Les tentatives bactériologiques et histologiques des divers auteurs pour mettre en évidence et pour cultiver l'agent spécifique sont restées infructueuses.

Les recherches que nous avons entreprises récemment ont fourni des résultats plus heureux. La culture du virus agalactique a été réalisée dans les conditions que nous allons rapporter et cette culture a permis de voir le microbe de l'agalaxie contagieuse.

La culture. — Du liquide d'arthrite spécifique, prélevé chez un mouton, fut dilué immédiatement, dans la proportion de 3 pour 100 environ, dans de l'eau physiologique, citratée à 1 pour 100. Cette dilution virulente servit à ensemencer divers milieux liquides. Après huit jours de séjour à l'étuve à 37°, une culture était évidente dans certains tubes renfermant du bouillon-sérum (bouillon de mouton, 2 à 4 parties + sérum de cheval tyndallisé, 1 partie). L'examen microscopique ne permit de déceler aucun microbe banal. Partant de cette première culture, des ensemencements furent pratiqués en série. Le développement du germe était de plus en plus précoce à mesure que cette série s'allongeait. Onze repiquages ont été réalisés

à l'heure actuelle et la culture se manifeste déjà 36 heures après l'ensemencement.

Le germe pousse également à l'abri ou au contact de l'air. Quand le bouillon-sérum est ensemencé avec I ou II gouttes de culture sans que le tube soit agité, le développement du germe s'effectue sur place et il se forme un léger nuage en anneau qui s'élargit à mesure que la culture progresse mais qui n'a pas tendance à se sédimenter. Dans les tubes où le bouillon-sérum est recouvert d'une couche d'huile de vaseline, ce nuage se forme immédiatement au-dessous de la couche isolante, gagne en profondeur et finit par occuper tout le milieu.

Le bouillon de mouton a pu être remplacé sans inconvénient par du bouillon de veau.

Une culture a été obtenue en ensemençant II gouttes d'une dilution étendue de lait virulent.

Les preuves de la culture en série du virus agalactique sont fournies par les expériences suivantes :

1° Un demi-centimètre cube de la septième culture inoculé dans l'articulation du genou d'un mouton provoque l'apparition d'une arthrite en quatre jours. S'il s'agissait d'une simple dilution du virus initial, étant donné notre mode d'ensemencement par II gouttes de culture dans 10^{cm^3} de milieu, la septième culture représenterait une dilution du virus initial dans la proportion de 1 pour 3×10^{11}. Or, du virus fraîchement recueilli, dilué dans cette proportion et inoculé dans les mêmes conditions, s'est montré inactif.

2° Deux chèvres inoculées sous la peau, au même moment, l'une avec 1^{cm^3} de la septième culture, l'autre avec 1^{cm^3} de dilution à 3 pour 100 de virus frais, ont présenté, toutes deux, une mammite spécifique huit jours après l'inoculation.

Le microbe. — Un étalement sur lame de la 10e culture au début de son développement a été coloré par la méthode lente de Giemsa, après fixation au colorant de May-Grünwald. L'examen microscopique de cette préparation révèle la présence d'un très fin microbe de 2^{μ} à 5^{μ} de longueur, coloré en violet, se présentant sous divers aspects, les formes courtes plus ou moins incurvées ressemblant à des vibrions, les formes longues, ondulées, ayant assez nettement l'apparence de spirochètes. L'examen ultra-microscopique montre qu'il s'agit d'un microbe mobile.

Certains éléments présentent à une extrémité un granule fortement coloré; à mesure que les cultures vieillissent, des granules semblables apparaissent en grand nombre et affectent l'apparence de petits cocci.

D'autres individus, examinés après coloration, offrent un aspect granuleux. Cet aspect se retrouve à l'ultra-microscope; on a alors l'impression d'une chaînette formée d'éléments arrondis.

Il est curieux de remarquer que le microbe que nous venons de mettre en évidence se rapproche par son mode de culture, et même par son aspect sous le microscope, du microbe de la péripneumonie contagieuse, le premier virus filtrable qui ait été cultivé et dont la culture fut réalisée par Nocard et Roux, en collaboration avec Borrel, Salimbeni et Dujardin-Beaumetz.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Sérothérapie contre la gourme du cheval.* Note de MM. **Brocq-Rousseau**, **Forgeot** et **Urbain**, présentée par M. E. Roux.

Sans préjuger de la nature exacte de la gourme du cheval, tous les auteurs qui se sont occupés de cette maladie ont cherché à agir sur l'agent que l'on rencontre toujours dans les complications graves, c'est-à-dire contre le streptocoque de Schutz, que nous avons démontré être très différent de tous les autres streptocoques de l'homme et des animaux.

Il est connu que l'immunisation du cheval contre ce microbe est rendue difficile en raison des accidents fréquents en cours d'immunisation. Pour éviter ces accidents, nous avons essayé de produire un sérum actif, en utilisant comme antigène des microbes tués par l'alcool-éther. Le sérum ainsi obtenu contient un taux élevé d'anticorps; il donne dans la pratique des résultats déjà très appréciables; mais il n'a qu'un faible pouvoir protecteur vis-à-vis de l'infection expérimentale des petits animaux de laboratoire.

Nous avons alors associé à cet antigène mort, un antigène vivant constitué par des cultures sur gélose de streptocoque gourmeux. On injecte d'abord pendant 10 jours successifs un mélange d'antigènes tués par l'alcool-éther; puis, le mois suivant, l'antigène alcool-éther alternant avec des microbes vivants atténués par la chaleur; ensuite un mois après, l'antigène alcool-éther alternant avec des microbes de moins en moins atténués, jusqu'à ce qu'on arrive à injecter des cultures vivantes non atténuées.

Nous avons pu obtenir par ce procédé un sérum protégeant les petits animaux. Voici un exemple de son activité :

Le 9 juillet 1923, on répartit 30 cobayes en trois lots.

Premier lot. — Dix cobayes reçoivent sous la peau une culture de streptocoque gourmeux aux doses suivantes : 1^{cm^3}, $1^{cm^3},5$, 2^{cm^3}, et les sept autres $2^{cm^3},5$. Ces sept derniers cobayes meurent en 12 heures; celui qui a reçu 2^{cm^3} meurt en 20 heures; les deux premiers résistent, la dose étant en dessous de la dose mortelle.

Deuxième lot. — Dix cobayes reçoivent sous la peau 2^{cm^3} de sérum normal de cheval, et le lendemain 2^{cm^3} d'une culture de 24 heures en bouillon sérum, tuant un cobaye de même poids en 18 heures, à la dose de 2^{cm^3}. Neuf de ces cobayes sont morts en 18 heures, le dixième est mort en 20 heures.

Troisième lot. — Dix cobayes reçoivent 2^{cm^3} de notre sérum antigourmeux. Le lendemain trois cobayes reçoivent sous la peau 2^{cm^3} de la même culture qui a tué les animaux précédents; trois autres en reçoivent 3^{cm^3}; deux autres 4^{cm^3} et les deux derniers 5^{cm^3}. Cette expérience ayant été faite le 10 juillet, un seul cobaye mourut le 18 avec des streptocoques dans les organes, donc avec une survie de 8 jours; tous les autres animaux résistèrent. Le sérum s'est donc bien montré actif contre des doses allant jusqu'à deux fois et demi la dose mortelle.

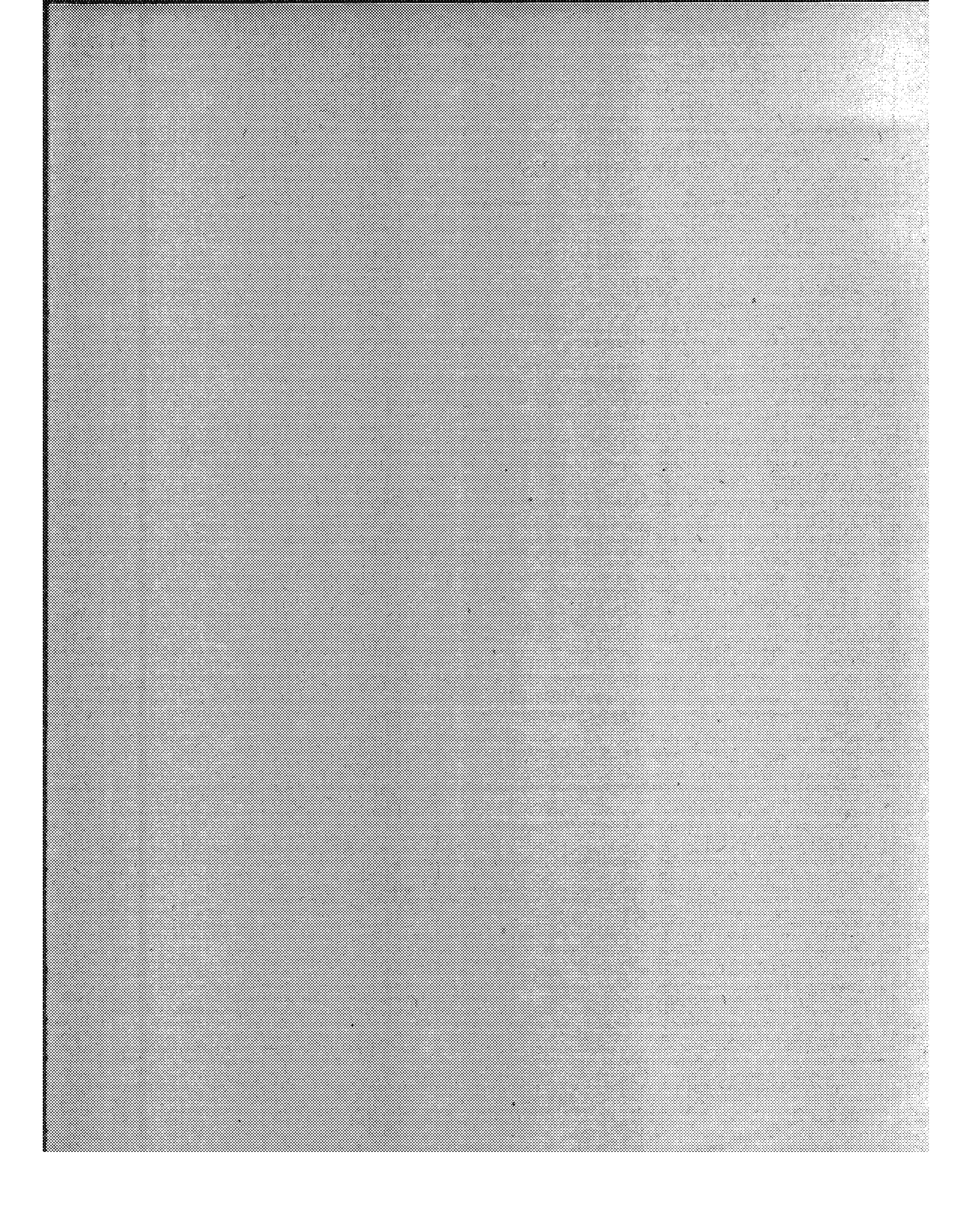
Nous ferons remarquer que la souche du streptocoque inoculé aux animaux comme souche mortelle n'a jamais servi à immuniser les chevaux producteurs de sérum.

Ce sérum s'est montré efficace dans la pratique. Depuis plus d'une année, les vétérinaires des annexes et des dépôts de remonte de l'armée s'en servent, et ils paraissent lui reconnaître des propriétés curatives certaines dans les complications graves de la gourme.

A $15^h 25^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

É. P.



N° 18.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 29 Octobre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. A. Haller annonce à l'Académie la mort de M. *Maurice Leblanc*, Membre de la Section des applications de la science à l'industrie 805
MM. J. Costantin et L. Dufour. — Une maladie secondaire du Chêne causée par le *Polyporus* (*Phellinus*) *rubriporus* ... 806
M. d'Ocagne offre à l'Académie une brochure qu'il vient de faire paraître sous le titre : « Notions sommaires de Géométrie projective » 809

ÉLECTIONS.

M. Marcel Brillouin est élu Membre de la deuxième Section de la Commission de la Caisse des recherches scientifiques, en remplacement de M. *J. Violle* 809
M. A. Haller est réélu Membre de la Commission de Contrôle de la circulation monétaire 809

NOMINATIONS.

M. E. Picard est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument aux Morts de la guerre qui aura lieu à l'École centrale des Arts et Manufactures 810
MM. André Blondel, A. Rateau, Daniel Berthelot, Paul Janet sont désignés pour représenter l'Académie à la Conférence internationale des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension 810

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 810
M. J.-B. Charcot prie l'Académie de vouloir bien le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par le décès de M. *Ch. de Freycinet* 810
M. Viggo Brun. — Étude directe de la fonction $f(x)$ de Riemann 810
M. A. Guillet. — Détermination mécanique de la marche relative de deux pendules. Comparateur à moteur chronométrique .. 813
M. A. Damiens. — Sur l'allotropie dynamique de l'iodure mercurique 816
M. R. Audubert. — Action de la lumière sur les électrodes de métaux à faible tension de dissolution 818
M. André Graire. — Sur le dosage des acides sulfonitriques et sulfonitreux 821
M. Bourguel. — Action de l'amidure de sodium sur les chlorures dérivant d'une aldéhyde et d'une cétone par l'emploi du pentachlorure de phosphore 823
M. V. Crémieu. — Variation de la composition des gaz spontanés des sources thermales avec les séismes 825
M. V. Agafonoff. — Sur la limite d'accumulation de l'humus dans les sols à propos d'observations sur des sols de la Nièvre .. 828
M. G. Pontier. — Les Éléphants fossiles d'Angleterre : le Mammouth en Angleterre et dans la mer du Nord 830
M. Lubimenko et Mlle S. Fichtenholz. — Contribution à l'étude du rôle physiologique de la nervation des feuilles 833
MM. E. Aubel et R. Wurmser. — Sur la formation du glucose aux dépens de l'alanine et des acides lactique et pyruvique. 836
MM. A. Quidor et Marcel-A. Hérubel. — Sur la psycho-physiologie des phénomènes visuels chez les animaux 838
M. H. Barthélemy. — Fécondation des œufs utérins de *Rana fusca* et de *Bufo vulgaris* après immersion dans l'eau ou dans les solutions aqueuses de NaCl 839
M. J. Bridré et A. Donatien. — Le microbe de l'agalaxie contagieuse et sa culture *in vitro* 841
MM. Brocq-Rousseau, Forgeot et Urbain. — Sérothérapie contre la gourme du cheval 843

70755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.
Le Gérant : E. Thuillier

1923
DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 19 (5 Novembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Ce, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Zelinsky**, de l'Université de Moscou, qui assiste à la séance.

Après la lecture de la Correspondance, M. **A. Haller** prend la parole pour annoncer le décès de M. **Arnaud de Gramont** :

Mes chers Confrères,

Un nouveau deuil vient s'ajouter à ceux, déjà nombreux, qui ont frappé l'Académie au cours de la présente année. Le comte **Arnaud de Gramont**, membre de la Section des Académiciens libres, a succombé, le 31 octobre dernier, au château de la Bizolière, en Maine-et-Loire, à l'âge de 62 ans.

Après s'être essayé à la synthèse organique et à la reproduction artificielle de quelques minéraux et avoir publié, en collaboration avec son maître Friedel, un travail sur la pyroélectricité de la *scolézite*, notre regretté confrère s'est spécialisé dans la spectroscopie. Il y a rapidement atteint une maîtrise et une renommée que justifiaient les méthodes nouvelles imaginées et les beaux résultats obtenus.

Le premier, M. de Gramont a reconnu que l'étincelle de décharge d'un condensateur électrostatique, beaucoup plus lumineuse, plus courte et plus large que celle de la bobine, fournit en éclatant à la surface d'un composé, un spectre complexe où tous les éléments constitutifs du composé sont libérés et donnent, chacun indépendamment, leur spectre de lignes individuel.

L'ensemble du spectre ainsi produit, que l'auteur appelle *spectre de dissociation*, est la simple superposition des spectres de lignes des éléments composants.

En supprimant la condensation, on fait disparaître complètement les spectres des métalloïdes, et l'on n'a plus que quelques raies brillantes des métaux.

Étudiée d'abord dans la partie visible du spectre, cette méthode générale d'investigation fut étendue plus tard, par les procédés photographiques, à toute la région ultraviolette que l'air n'arrête pas. Appliquée à l'étude des spectres d'un grand nombre de minéraux conducteurs, elle le fut aussi à la détermination du spectre des sels fondus et des composés non conducteurs en suspension dans ces derniers.

M. de Gramont a complété cette œuvre capitale par un ensemble de recherches sur les spectres d'étincelles des liquides sans raies d'électrodes; sur l'application, selon la méthode imaginée par MM. Schuster et Hemsalech, de la self-induction aux spectres de dissociation; sur les spectres de bandes de silicium et du phosphore (en collaboration avec M. de Watteville).

On lui doit également de nombreuses études sur les raies ultimes; sur la répartition de ces raies dans le spectre des diverses régions du soleil et dans les spectres stellaires; sur la dispersion et la construction des spectroscopes; sur l'emploi du chalumeau oxyacétylénique en spectroscopie.

La précision apportée dans les mesures effectuées par M. de Gramont a permis d'entrevoir leur application à l'analyse spectrale quantitative et aussi au contrôle des corps servant à la détermination des poids atomiques.

Cette œuvre, poursuivie avec une inlassable activité pendant plus de 30 ans, a fait de son auteur le digne successeur des Salet et Lecocq de Boisbaudran, et l'a mis au premier rang des spectroscopistes contemporains. Elle est magistralement résumée dans la deuxième partie d'un traité sur le point de paraître, et qui a pour titre « Analyse spectrale appliquée aux recherches de Chimie minérale », où notre confrère, associant son nom à celui de Lecocq de Boisbaudran, a voulu rendre un pieux hommage au savant illustre auquel nous devons la découverte du gallium.

La mort de M. de Gramont laissera au cœur de tous ses amis et de tous ceux qui l'ont connu, le souvenir d'un galant homme, à l'esprit généreux et profondément dévoué à la science et à son pays.

En adressant à Mme Arnaud de Gramont et à sa famille vos condoléances émues, votre Président est certain d'être votre fidèle et sincère interprète.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *L'amplification du courant des cellules photo-électriques et ses applications.* Note (1) de MM. G. **Ferrié**, R. **Jouaust** et R. **Mesny**.

L'instantanéité avec laquelle les cellules photo-électriques répondent aux éclairements auxquels elles sont soumises les rend précieuses pour l'étude d'un certain nombre de mouvements rapides qui jusqu'ici n'ont pas pu être enregistrés (mouvement des étoiles), ou qui ne l'ont été que par l'intermédiaire de liaisons électriques ou mécaniques susceptibles de les modifier (mouvement des pendules).

Malheureusement les courants photo-électriques sont excessivement faibles, de l'ordre de 10^{-10} ampère pour des éclairements de l'ordre du lux.

On ne peut donc utiliser les cellules qu'en faisant traverser au courant photo-électrique des galvanomètres très sensibles et en photographiant les déplacements du spot, ou en les faisant agir sur des relais qui ont toujours de l'inertie.

A l'instigation de M. Chrétien, nous avons cherché à utiliser le relais sans inertie que constitue la lampe à trois électrodes. Nous y sommes arrivés par deux procédés différents.

1° L'anode de la cellule est reliée à la grille d'une lampe à trois électrodes, le négatif du filament étant relié au pôle positif de la batterie dont le négatif est connecté au dépôt alcalin. Comme toujours une différence de potentiel continue est appliquée entre la plaque et le filament de la lampe.

Le dégagement d'électrons, qui se produit lorsque le dépôt alcalin est éclairé, charge négativement la grille; il en résulte une diminution du courant filament-plaque.

Pour obtenir de bons résultats, il est nécessaire que la capacité de la grille par rapport aux divers organes de la lampe soit faible; il faut en outre que la grille soit bien isolée. Il convient donc d'utiliser des lampes dites « à cornes » et encore est-il nécessaire de sélectionner les lampes employées. Très peu parmi les lampes de fabrication courante sont susceptibles de donner de bons résultats. Avec une lampe ayant les dimensions des lampes ordinaires de réception, nous avons obtenu une amplification de 1000, la variation du courant filament-plaque étant 1000 fois l'intensité du courant photo-électrique. Avec une lampe d'émission du type de 50 watts

(1) Séance du 29 octobre 1923.

fonctionnant sous 1000 volts nous avons obtenu une amplification de 10000.

Nous avons pu par ce procédé enregistrer à l'Observatoire de Paris les oscillations d'un pendule. Un écran muni d'une mince fente lumineuse était fixé au balancier. Une lampe électrique était placée derrière le pendule et venait éclairer la cellule lorsque la fente et par suite le balancier se trouvaient dans une position déterminée. Comme enregistreur, nous utilisions un appareil à noir de fumée, du modèle utilisé dans le repérage par le son, muni d'un oscillographe Abraham. La cellule avait été fabriquée par M. Rougier. La précision de l'enregistrement était la même que celle obtenue dans l'enregistrement des signaux horaires transmis par radiotélégraphie.

2° La difficulté de trouver des lampes à trois électrodes présentant les qualités nécessaires nous a conduit à essayer un autre procédé d'apparence plus compliquée mais plus sûr.

Entre la cellule et la source éclairante tourne avec une grande vitesse un disque muni de fentes. Le courant photo-électrique devient donc un courant de fréquence musicale correspondant à une note assez élevée.

Le primaire du transformateur d'entrée d'un amplificateur pour fréquence musicale à trois lampes est intercalé dans le circuit du courant photo-électrique.

La différence de potentiel amplifiée, recueillie à la sortie de cet amplificateur, agit entre le filament et la grille d'une lampe modulatrice, dans le circuit plaque de laquelle n'est intercalée aucune force électromotrice. Mais le filament d'une part, la plaque d'autre part, de cette lampe modulatrice sont reliés aux deux bornes d'un petit générateur d'ondes entretenues.

Ce générateur était du modèle à deux lampes à montage symétrique imaginé par l'un de nous et produisant des ondes de très haute fréquence (d'une longueur d'onde d'environ 50^m).

Lorsque cet appareil est réglé près de sa limite d'entretien, toute variation de la différence de potentiel filament-grille de la lampe modulatrice, amenant des variations de la résistance filament-plaque, provoque des variations importantes du courant engendré dans l'appareil. On réalise ainsi une nouvelle amplification du courant photo-électrique qu'on peut encore augmenter en plaçant derrière le générateur d'ondes courtes un amplificateur à très basse fréquence.

Nous avons pu réaliser ainsi des amplifications de l'ordre 10^6.

Ce procédé a été employé pour l'enregistrement des mouvements d'un pendule de gravitation de Repsold. Un miroir sphérique de galvanomètre

renvoyait sur la cellule l'image d'une source lumineuse dont les rayons avant d'arriver au miroir avaient traversé les fentes du disque tournant. La netteté de l'enregistrement semblait indiquer qu'il serait possible d'arriver à déterminer par ce procédé la période d'oscillation à un millième de seconde près. Il y aurait sans doute là un nouveau procédé à utiliser dans les recherches relatives à la simplification des déterminations de l'intensité de la pesanteur.

Mentionnons pour terminer que nous avons cherché à enregistrer par ce procédé le courant photo-électrique dû à l'éclairement des étoiles. On se heurte dans cette voie à de nombreuses difficultés. Des expériences ont pu cependant être récemment réalisées, en employant une des lunettes de l'Observatoire de Paris avec le concours de M. Jules Baillaud. Elles ont déjà donné quelques résultats encourageants et nous continuons nos recherches à ce sujet.

BOTANIQUE. — *Sur le Pleurote du Chardon bleu de la Vanoise.* Note de M. J. COSTANTIN.

J'ai signalé, en 1921 (¹), l'existence d'un type de Pleurote, voisin de *Pleurotus Eryngii* (²) De Candolle, qui mérite d'être considéré comme une forme alpestre caractérisée (³).

C'est dans la zone assez restreinte des Chardons bleus (*Eryngium alpinum*) que se développe surtout ce Champignon (⁴). Cette espèce d'Ombellifère s'élève sur le rude chemin du col des Saulces, jusqu'à environ 1950ᵐ (au Dos de l'Ane); mais je n'ai pas observé le Pleurote à une si haute altitude (⁵). Non pas parce que cette altitude est,

(¹) COSTANTIN, *Sur la Biologie alpestre* (*Comptes rendus*, t. 175, 1921, p. 537).

(²) DE CANDOLLE, *Fl. franç.*, VI, 47; FRIES, *Syst. mycol.*, I, 84; *Hymen Europ.*, 171; PAULET, t. 39; LETELLIER, 693; VITTADINI, *Fungi Mangereci*, t. 10, fig. 2; VENTURI, t. 45, fig. 3; INZENGA, I, 10; *Mich. Gen.*, t. 73; SACCARDO, *Sylloge fungorum*, V, 347; *Pl. cardarella Battara*, t. 16, fig. 6. (C'est le nom qu'adopte Quelet, *Fl. myc.*, mais le nom *Pl. Eryngii* est devenu classique.)

(³) Je propose de la désigner sous le nom *Pleurotus Hadamardii* (espèce ou variété), en l'honneur du confrère qui m'a apporté les premiers échantillons de cette plante intéressante.

(⁴) Entrée de la vallée de Chavière : 1° partie presque plate ou en pente douce entre les granges de Cholière et Les Planes; 2° pentes du Petit Mont Blanc, à exposition du midi.

(⁵) Cependant M. Mermillod a vu le Pleurote sur les pentes au midi du Petit Mont Blanc jusqu'à 2000ᵐ.

en elle-même, incompatible avec la venue du Champignon, mais parce que les fructifications n'apparaissent qu'après le fauchage de ces prairies rendues si splendides par l'admirable floraison de ces Chardons, cette caractéristique végétale de la région de la Vanoise. Or la coupe des prés les plus élevés est tardive et, bien souvent, l'arrivée des froids et de la neige doivent faire avorter les Champignons de la zone la plus haute. Il semble que c'est ce qui a dû se produire l'an dernier, pour l'ensemble du district, parce que la saison alpestre a été prématurément raccourcie par l'arrivée inopinée de la neige au début de septembre [1]. Je crois que la poussée des Champignons a été plus ou moins avortée en 1922 [2], et j'ai pu me demander, avec quelque inquiétude, au début de septembre 1923, si les phénomènes constatés par moi, en 1921, étaient accidentels et s'ils se reproduiraient.

Dès le 4 septembre 1923 [3], une exploration rapide de l'entrée de la vallée de Chavière me donna la conviction que ce qui avait été observé antérieurement était la règle : l'épanouissement des Champignons du Chardon bleu a été très remarquable, moins beau cependant qu'il y a deux ans [4].

Dans l'étude de l'éclosion du Pleurote, ce qui frappe l'observateur c'est que les fructifications n'apparaissent qu'*une semaine après la coupe des prés ;* avant on n'aperçoit pas de chapeaux, du moins je n'en ai jamais vu. D'ailleurs on peut se demander comment ces Cryptogames pourraient s'épanouir au milieu des hautes herbes qui constituent ces puissantes prairies : la place et la lumière manquent pour ces végétaux inférieurs.

En 1921, j'ai été très frappé par l'abondance et le développement continu des fructifications qui apparaissent, en quelque sorte, comme les *volées* de chapeaux qui s'observent dans la *culture artificielle* dn Champignon de couche. C'est pour cela que je me suis servi alors de l'expression *culture naturelle* [5]. Ces termes me paraissent encore justes, après ce que j'ai vu

---

[1] J'étais, en 1922, à La Thuile (vallée d'Aoste, Italie) et le temps s'est gâté le 29 août. Au début de septembre, des chutes de neige ont bloqué définitivement le Petit Saint-Bernard, fait qui ne s'était pas vu, d'après les gens du pays, de mémoire d'homme.

[2] Deux jeunes botanistes qui m'avaient écrit pour avoir des précisions sur la station du Pleurote m'ont informé qu'ils n'avaient rien trouvé.

[3] J'ai des dessins représentant le Pleurote faits le 28 août 1921; la saison paraît avoir été nettement plus précoce.

[4] M. Ménégaux, qui est resté après mon départ (14 septembre) à Pralognan, m'a appris que la poussée a été merveilleuse jusqu'au 20 septembre (jour de son départ).

[5] Comme si le Petit Mont Blanc était une immense meule à Champignons; mais le champignonniste fait défaut pour larder la meule, qui s'ensemence spontanément par un processus que je cherche à préciser.

en 1923. C'est l'intervention du faucheur qui provoque l'apparition d'un phénomène inattendu, il est l'opérateur inconscient qui réalise une technique agricole dont les effets sont non seulement imprévus mais complètement ignorés de lui ([1]). En coupant les hautes herbes, il provoque la production intense et prolongée des fructifications.

Si le fauchage n'intervenait pas, l'évolution du Pleurote serait certainement entravée, retardée et peut-être singulièrement réduite par l'arrivée des froids. Un observateur même très attentif constaterait, comme dans le cas du Pleurote du Chardon Rouland (*Eryngium campestre*), au milieu de la garrigue, un Champignon poussant de-ci, de-là sur quelques plantes mortes; il ne serait pas frappé, comme dans le cas actuel, par l'intensité du phénomène d'attaque d'un grand nombre de pieds d'*Eryngium alpinum* par le Pleurote.

Cette intensité d'attaque m'a fait employer les mots « culture naturelle ». Je me suis aussi servi dans ma Note de l'expression de « parasitisme », mais est-elle justifiée pour l'ensemble du développement du Chardon? Le parasitisme paraît être un fait incontestable, car la souche de l'Ombellifère est souvent évidée au centre, corrodée par l'action digestive du Champignon. Comment se fait-il qu'au mois d'août la prairie d'*Eryngium* ait un si bel aspect, qu'on n'y constate aucune trace de souffrance, qu'aucune plante ne paraît malade? Singulier parasitisme qui laisse les plantes si prospères, et qui passe tout à fait inaperçu, quand les Chardons se développent normalement, c'est-à-dire sans coupe ([2]).

C'est l'opération de l'homme qui, en coupant les herbes et en mutilant la plante, amène une rupture d'équilibre qui déclanche la maladie. La sève qui était destinée à entretenir la dernière activité d'un végétal qui va se dessécher, est brusquement orientée d'une manière nouvelle et il semble bien que ce soit cela qui amène l'évolution rapide du Champignon. Si cette

---

([1]) En 1921, j'ai interrogé un faucheur qui coupait les Chardons, lui demandant s'il avait vu des Champignons blancs dans le voisinage. Il me répondit négativement. Quelques instants après, je déterrais les premiers Pleurotes. Personne dans le village (garde forestier, instituteur, villageois) ne connaissait cette espèce!

([2]) Récemment M. Quanjer (*Soc. path. vég.*, X, 1923, p. 23) disait à propos des mosaïques, enroulements, etc. : « Souvent *une maladie n'est constatable* que s'il y a *mort générale ou partielle* ». Mais il s'occupe de ces énigmatiques maladies de la dégénérescence (Pomme de terre, etc.) où la cause est inconnue, où d'ailleurs les mycorhizes interviennent peut-être. En général, quand une plante est malade, cela se voit. Dans le cas du Chardon bleu, il s'agissait d'une maladie grave et *très grave* produite par un Champignon. COSTANTIN, *La dégénérescence des plantes cultivées et l'hérédité des caractères acquis* (*Ann. Sc. nat., Bot.*, 10e série, 1922, p. 267-297).

théorie est exacte, il y aurait lieu d'envisager le Pleurote comme jouant un rôle de parasitisme impuissant ou *occulte*, à moins que ce ne soit une action purement *symbiotique* pendant la plus grande partie de la vie de l'*Eryngium*. La force antagoniste qui tient en échec le Champignon pendant le mois d'août, venant à disparaître au mois de septembre après la coupe, le Cryptogame prend tout à coup un caractère agressif, et si le pied de l'Ombellifère avait quelque tare, la fructification apparaît. Il est probable que ces tares physiologiques ne sont pas générales, beaucoup de souches sectionnées doivent être capables de résister et de tenir en échec l'ennemi présent (peut-être) dans tous les individus; s'il en était autrement, l'éclosion des fructifications serait générale [1] et prodigieuse et le Chardon bleu aurait vécu.

Si cette dernière conception était juste, elle devrait avoir des conséquences sérieuses pour la famille des Ombellifères, car ce n'est pas seulement pour les *Eryngium* (*campestre*, *alpinum*, *maritimum*) [2] qu'il y aurait une association avec un ou des *Pleurotus*.

J'ai fait à nouveau une observation (confirmative de ce que j'avais vu en 1921) qui me conduit à penser que dans la région de Pralognan, le Pleurote du Chardon bleu pousse aussi sur le *Laserpitium latifolium* [3] (et probablement aussi *L. siler*). En effet, j'ai découvert un autre gîte de ce Pleurote dans le lit du torrent (Doron de Pralognan, en face le Dablet ou Darbelet) où il n'y a pas d'*Eryngium alpinum*, mais où les *Laserpitium* (qui ont une souche absolument semblable) existent en notable proportion.

Donc, s'il y avait symbiose, elle devrait se produire aussi avec les racines de ce genre. Mais je n'ai jamais vu de Pleurotes dans les prés où les *Heracleum* abondent.

On sait enfin, surtout par les auteurs italiens [4], que les Pleurotes se développent aussi sur le *Ferula communis*, les *Eleoselinum*, *Opopanax* et *Prangos*.

S'il y avait symbiose, il semblerait, d'après tous ces exemples, que le phénomène de l'association serait largement répandu dans la famille des Ombellifères.

---

(1) Tous ne mourraient pas, mais tous étaient frappés.

(2) A. Courseulles, dans le Calvados, M. Gautier a récolté abondamment dans les dunes le *Pleurodus Eryngui* (type à chapeau brun et relativement petit) pendant tout l'hiver (*Soc. mycologique*, t. 32, II). Roubien a signalé cette espèce sur l'*E. maritimum* (Fl. de De Seyner).

(3) Voir Bataille (*Soc. myc.*, t. 28, p. 134), *Prairies montagnardes du Jura*; *Doubs*, Bresadola.

(4) Inzenga, *Fung. Sicil.*, I, p. 11; Lanzi, *Fungo della Ferula*, fig. 1, 5. Quelet (*Fl. myc.*, 332; *Jura*, II, 384) signale le développement sur les Férules dans les Alpes-Maritimes et en Algérie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la théorie de la synthèse chlorophyllienne.* Note de M. L. **Maquenne**.

Malgré la multitude de travaux qui, depuis plus de 40 ans, se sont succédé sur cette importante question, on n'est pas encore fixé sur le mécanisme chimique de la photosynthèse végétale. Parmi toutes les théories qui ont été proposées à cet égard, une seule a prévalu : c'est celle de Boussingault-Baeyer, d'après laquelle une molécule d'anhydride carbonique et une molécule d'eau ou, ce qui revient au même, une molécule d'acide carbonique proprement dit, seraient dissociées en oxyde de carbone et hydrogène, lesquels, en se réunissant, donneraient naissance à une molécule d'aldéhyde formique, origine de tous les autres hydrates de carbone. Si l'on admet, ce qui n'est aucunement obligatoire, qu'il faut un intermédiaire entre l'acide carbonique et les hydrates de carbone complexes et que cet intermédiaire ne doit contenir, comme l'acide carbonique, qu'un seul atome de carbone, cette manière de voir est parfaitement logique; l'assimilation du carbone s'effectue alors, comme nous venons de le dire, en deux temps : l'acide carbonique est d'abord réduit à l'état de formaldéhyde par l'action chlorophyllienne, puis les sucres se forment par condensation de la susdite aldéhyde, ultérieurement et par voie chimique ou enzymatique.

S'il en est ainsi, il doit forcément rester dans les plantes vertes récemment insolées quelques traces d'aldéhyde formique et nombre d'observateurs se sont dévoués à sa recherche. La plupart de ces travaux n'ont donné que des résultats indécis, et si quelques-uns d'entre eux semblent avoir répondu aux espérances de leurs auteurs, on ne saurait en tirer aucune conséquence définitive, car l'aldéhyde formique peut se former de bien d'autres façons et plus facilement encore que par réduction de l'acide carbonique, notamment par oxydation incomplète de principes intracellulaires autres que la chlorophylle ou par dégradation des sucres tout formés.

La synthèse des sucres réducteurs réalisée par Em. Fischer en partant de l'aldéhyde formique semble tout d'abord donner un appui sérieux à l'hypothèse de Baeyer, mais en réalité elle n'est pas plus probante, car les mêmes synthèses peuvent être reproduites avec l'aldéhyde glycolique et l'aldéhyde glycérique, que personne jusqu'à présent n'a considérées comme des intermédiaires entre l'acide carbonique et les hydrates de carbone supérieurs.

Le fait que les algues et même les plantes supérieures peuvent assimiler

l'aldéhyde formique en nature ou sous forme de combinaisons dissociables comme le méthylal, le méthanolsulfonate de sodium ou l'hexaméthylène-amine ne signifie rien en la circonstance, car elles sont aussi capables d'absorber pour s'en nourrir, et beaucoup plus facilement, un grand nombre d'autres substances carbonées, entre autres les sucres, les amino-acides et même les matières ulmiques.

La présence de l'alcool méthylique dans le distillat des plantes vertes que j'y ai signalée pour la première fois en 1885 (*Comptes rendus*, t. 101, p. 1067) ne peut pas servir davantage d'argument, car elle résulte sans doute de la saponification de quelque principe méthylé préexistant : la chlorophylle elle-même est un éther méthylique.

Quelques personnes ont supposé que la chlorophylle n'est dans l'acte de la photosynthèse qu'un simple sensibilisateur, ne jouant aucun rôle chimique dans la réaction; d'autres, au contraire (Warner, Wager, Ewart), que l'aldéhyde formique est un produit de décomposition de la chlorophylle, qui se reforme aussitôt que détruite; on a également envisagé (Usher et Priestley), pour rendre compte du dégagement d'oxygène, la production d'eau oxygénée qui se décomposerait dans la cellule vivante par action catalasique. Toutes ces hypothèses sont insuffisamment fondées et quelques-unes se trouvent même en contradiction flagrante avec les récents travaux de Willstätter, d'où il résulte notamment que dans l'acte de l'assimilation chlorophyllienne la chlorophylle ne subit aucune altération et que parmi ses produits de décomposition *in vitro*, à la lumière ou à l'obscurité, en présence ou non d'acide carbonique, il n'apparaît aucune trace de formaldéhyde ni d'eau oxygénée.

Il semble donc qu'en soutenant l'hypothèse de Baeyer on se soit engagé dans une impasse d'où il faut sortir si l'on veut aller plus loin; la chose ne paraît pas impossible.

D'après les idées actuelles la réduction de l'acide carbonique et la condensation du produit intermédiaire qui en résulte sont deux phénomènes distincts, ayant chacun une certaine indépendance; il n'en est plus de même si l'on admet qu'ils sont intimement liés l'un à l'autre et s'effectuent simultanément. En d'autres termes, puisqu'il doit nécessairement y avoir polymérisation pour qu'une chaîne à n atomes de carbone, ouverte ou fermée, puisse prendre naissance aux dépens de n molécules d'acide carbonique, la question se pose de savoir si cette polymérisation précède ou suit la décomposition de ce dernier. Si elle la suit, il faut nécessairement un intermédiaire entre l'acide carbonique et les sucres : c'est l'hypothèse de Baeyer; si elle

la précède ou seulement l'accompagne, le processus chimique de la photosynthèse devient tout autre, et c'est ce que je vais essayer de faire voir.

La chlorophylle est un composé magnésien dans lequel le métal est sûrement fixé sur l'azote puisque, d'après Willstätter, on peut la désoxyder entièrement sans le lui faire perdre. C'est ce qui permet, en négligeant toute la partie lourde de sa molécule, de la représenter par le schéma

$$>N-Mg-N<;$$

c'est le symbole abrégé de la chlorophylle moléculaire, telle qu'elle existe dans ses solutions vraies, alcooliques ou éthérées; mais Willstätter a montré qu'elle peut exister aussi sous une forme colloïdale, identique à celle qu'elle affecte dans les feuilles vertes, avec des propriétés physiques et chimiques différentes de celles de la chlorophylle moléculaire. La chlorophylle colloïdale est insoluble dans les solvants organiques, son spectre d'absorption est légèrement déplacé vers le rouge, enfin elle est entièrement décomposée par l'acide carbonique en excès, qui lui enlève son magnésium, alors que la chlorophylle moléculaire reste inaltérée dans les mêmes conditions.

Peut-être la chlorophylle colloïdale est-elle un simple hydrate de la chlorophylle moléculaire, mais il semble tout aussi naturel d'admettre que sous ces deux formes, d'ailleurs facilement transformables l'une dans l'autre, la chlorophylle ne présente pas la même structure intime, et, par suite, que dans la micelle chlorophyllienne se trouve un produit de polymérisation du pigment primitif, dont les molécules seraient unies par des valences supplémentaires et par conséquent lâches. Ces valences supplémentaires peuvent être fournies par l'azote ou par le magnésium, peu importe pour les raisonnements qui suivent. Admettons qu'elles soient empruntées au magnésium devenu tétravalent, ce qui nous permettra de comprendre pourquoi, son activité chimique se trouvant affaiblie, le magnésium se détache alors plus facilement des noyaux azotés. Nous pourrons, dans ce cas, représenter la chlorophylle colloïdale par la formule (III).

L'acide carbonique, en s'y ajoutant, donnera le composé (I), dont l'existence, à part les liaisons intermagnésiennes, semble établie par les observations de Willstätter. Alors l'action photochimique intervient, par un mécanisme mystérieux, mais tout semblable à celui que l'on admet pour expliquer la production de l'aldéhyde formique, par conséquent sans que nous ayons besoin d'introduire ici aucune hypothèse nouvelle, et le complexe carboxyl-chlorophyllien prend la forme (II) qui, ne pouvant subsister, se dédouble aussitôt en oxygène moléculaire qui se dégage, sans formation

préalable d'eau oxygénée, en même temps que les atomes carboniques se soudent pour constituer une chaîne parallèle à celle du magnésium. Il ne reste plus qu'à les désunir pour avoir, d'une part de la chlorophylle colloïdale régénérée et d'autre part un hydrate de carbone IV, renfermant autant de carbone qu'il y avait de molécules simples de chlorophylle dans l'agrégat magnésien.

```
       (I).                         (II).                       (III).            (IV).
>NH|      O                 >NH|     |  O               >N\    |               |
   |      ||                   |     | /|                    \   |               |
   Mg—O—C—OH                   Mg—O—CH  |                    >Mg          HO—CH + O²
>N/|                        >N/|     | \O               >N/    |               |
   |                           |     |                           |               |
>NH|      O                 >NH|     |  O               >N\    |               |
   |      ||                   |     | /|                    \   |               |
   Mg—O—C—OH      →            Mg—O—CH  |       →            >Mg     +    HO—CH + O²
>N/|                        >N/|     | \O               >N/    |               |
   |                           |     |                           |               |
>NH|      O                 >NH|     |  O               >N\    |               |
   |      ||                   |     | /|                    \   |               |
   Mg—O—C—OH                   Mg—O—CH  |                    >Mg          HO—CH + O²
>N/|                        >N/|     | \O               >N/    |               |

 Chlorophylle          Transposition oxydique.        Chlorophylle        Hydrate
 carbonique.                                           colloïdale.       de carbone.
```

Cette manière d'envisager la réaction, quoique empruntant aux théories anciennes quelques-uns de leurs arguments ou de leurs artifices, en diffère essentiellement parce qu'au lieu de considérer la polymérisation nécessaire comme subséquente à la décomposition de l'acide carbonique elle la suppose effectuée à l'avance dans la micelle chlorophyllienne. Dans ces conditions il n'est plus besoin d'admettre aucun intermédiaire, aldéhyde formique ou autre, entre l'acide carbonique et les hydrates de carbone; les deux étapes de la théorie de Baeyer se réduisent à une seule, ce qui simplifie évidemment le problème. Les sucres réducteurs se forment d'emblée dans le chloroplaste et en sortent, sans avoir à subir la moindre transformation ultérieure, avec une longueur de chaîne égale à celle de la chaîne magnésienne. Celle-ci peut être théoriquement quelconque, comme la micelle dont elle fait partie, en sorte qu'on peut s'expliquer de cette manière la synthèse de tous les hydrates de carbone, pourtant, et ceci est une conséquence curieuse de la nouvelle théorie, qui montre bien la différence profonde qui la sépare de l'ancienne, à l'exclusion de l'aldéhyde formique, qui ne peut se produire ainsi puisque par hypothèse le complexe organomagnésien primitif renferme plus d'un atome de métal.

On conçoit aussi aisément la synthèse d'un hydrate de carbone cyclique comme l'inosite : il suffit pour cela d'admettre que la chaîne magnésienne se ferme dès l'origine en un anneau hexagonal.

Tout ceci nous apparaît plus simple et au moins aussi logique que l'ancienne conception de Baeyer, car on échappe ainsi à toutes les objections qui ont été faites à cette dernière sans en susciter de nouvelles et sans se trouver en contradiction avec aucun fait expérimental bien établi.

Dans tous les cas il semble que l'on puisse parfaitement se passer de l'hypothèse de Baeyer, qui fait de l'aldéhyde formique le pivot de toute la photosynthèse et pèse comme une obsession sur tous les travaux qui touchent à l'assimilation chlorophyllienne sans jamais avoir pu, depuis un demi-siècle qu'on s'en occupe, en faire progresser la théorie.

C'est là surtout la conclusion que j'ai voulu faire ressortir de cet exposé et sur laquelle je crois utile d'appeler l'attention de tous ceux qui s'intéressent à la Biologie végétale.

M. **H. Andoyer** présente à l'Académie la deuxième édition du Tome II de son *Cours d'Astronomie*, rédigé avec la collaboration de M. **A. Lambert**, et consacré à l'Astronomie pratique.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Émile Picard** est proposé à nouveau au choix de l'Institut pour faire partie du *Conseil supérieur de l'Instruction publique*.

NOMINATIONS.

MM. **A. Haller** et **A. Lacroix** sont désignés pour représenter l'Académie aux solennités du Cinquantenaire de la *Société française de Physique*.

PRÉSENTATIONS.

Pour la Chaire de mécanique du Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Gabriel Kœnigs** est présenté en première ligne par 39 suffrages contre 1 à M. *Théophile Got* et 2 bulletins blancs.

M. **Théophile Got** est présenté en seconde ligne par 23 suffrages contre 9 à M. *Henri Beghin* et 2 bulletins blancs.

L'Académie décide que M. **Henri Beghin** sera présenté en troisième ligne.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Gabriel Kœnigs**
En seconde ligne. . . . . M. **Théophile Got**
En troisième ligne. . . . . M. **Henri Beghin**

CORRESPONDANCE.

Mme Vve **Maurice Guéritot** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

Mme **Mélanie Rosenblatt**, MM. **Eugène Bloch**, **Hippolyte Copaux**, **Gallissot**, **Fernand Holweck**, **Raymond Jouaust**, **Eugène Tassilly**, **Pierre Weiss** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Ogier et E. Kohn-Abrest. *Chimie toxicologique*. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

2° *The vegetation and soils of Africa*, by H. L. Shantz and C. F. Marbut, avec deux cartes. (Présenté par M. Emm. de Margerie.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences paratactiques et la cyclide de Dupin.* Note de M. André Bloch, présentée par M. Hadamard.

Aux résultats énoncés dans ma présente Note [1], j'ajouterai (en adoptant la même terminologie) les suivants :

1. Représentation sphérique d'une congruence paratactique. — Un cercle d'une congruence paratactique peut être défini par les paramètres des géné-

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 731.

ratrices de second système de la sphère principale, issues des foyers. Posons ces paramètres pour *coordonnées symétriques* d'un point d'une nouvelle sphère. On a ainsi la représentation sphérique annoncée.

A. *L'angle sous lequel se coupent, le long d'un cercle commun, deux surfaces cerclées appartenant à la congruence est constant et égal à l'angle des courbes qui sont les représentations sphériques des deux surfaces.*

En particulier, aux faisceaux de cercles de la sphère correspondent des faisceaux de cyclides de Dupin, dont on obtient aisément, en conséquence, plusieurs propriétés.

2. Interprétation non euclidienne. — L'interprétation non euclidienne des propriétés énoncées dans cette Note nous fut suggérée par M. Demoulin. Prenant la sphère orthogonale commune à deux cercles paratactiques comme sphère directrice d'une transformation de Darboux ([1]), les deux cercles deviennent deux *droites non euclidiennes paratactiques*, qui ne sont autres que deux *parallèles de Clifford* ([2]). La cyclide de Dupin devient dans les mêmes conditions une *quadrique doublement de révolution*. Presque toutes les propriétés en question s'interprètent immédiatement; ajoutons seulement :

B. *Un segment dont les extrémités décrivent sur deux droites paratactiques des segments égaux a une longueur constante, et réciproquement.*

3. Transformations sphériques de l'espace. — C. *Une transformation sphérique (c'est-à-dire conforme) de l'espace peut toujours être regardée, et en général, d'une seule manière, comme le produit permutable de deux rotations dont les cercles sont ceux d'un couple harmonique (croix de cercles* de Coolidge, *Treatise*, p. 460) *que l'on peut appeler couple harmonique central. Dans le cas particulier où ces deux rotations sont égales, le couple harmonique central est indéterminé : il en existe ∞^2, qui sont tous les couples d'une congruence paratactique; la transformation est dite paratactique.*

Le groupe à un paramètre de transformations sphériques est bien connu dans le cas général; si ses transformations sont paratactiques *ses trajectoires sont les cercles de la congruence paratactique, et il y a ∞^2 couples harmoniques centraux.*

D. *Une transformation sphérique peut être regardée, d'une manière et en général d'une seule, comme le produit permutable de deux transformations*

([1]) *Théorie des surfaces*, t. 3, 1894, p. 492.

([2]) *Preliminary Sketch on Biquaternions* (*Proceedings of London Math. Society*, 1873, p. 381-395).

paratactiques de même sphère principale, appartenant chacune à un système de génératrices de cette sphère.

Ces dernières propriétés paraissent de nature à servir de base définitive à la théorie sommairement exposée dans cette Note. Il serait à désirer qu'on les obtînt d'une manière purement géométrique (et à trois dimensions) anallagmatique et réelle.

4. Surfaces cerclées se coupant le long d'un cercle a angle constant. — E. *Soient deux surfaces cerclées, ayant un cercle commun qui n'est stationnaire sur aucune d'elles. Les conditions pour que, le long de ce cercle, elles se coupent à angle constant sont les suivantes :*

1° *Le cercle, sur l'une des surfaces, coupe en deux points le cercle voisin (est ligne de courbure) : l'unique condition est qu'il jouisse de la même propriété sur l'autre surface.*

2° *Le cercle, sur une surface, coupe en un point le cercle voisin; les conditions sont : d'abord qu'il jouisse de la même propriété sur l'autre surface; ensuite qu'en chaque foyer le plan des deux déplacements infinitésimaux du foyer soit isotrope.*

3° *Le cercle, sur une surface, ne rencontre pas le cercle voisin; la condition est qu'en chaque foyer les deux déplacements infinitésimaux du foyer aient même direction* (1).

F. *Soit la congruence formée des cercles dont les foyers décrivent deux courbes données quelconques. En prenant les paramètres qui définissent les foyers pour coordonnées symétriques d'un point d'une sphère, on en obtient une représentation sphérique. L'angle, le long d'un cercle commun, de deux surfaces appartenant à la congruence est constant et égal à celui des courbes sphériques correspondantes.*

5. Compléments sur la cyclide de Dupin. — Nous appelons *puissance* d'un point par rapport à un cercle le produit des normales menées du point au cercle ou de ses distances aux foyers; *puissance réduite* le quotient de la puissance par le rayon.

G. *Dans une rotation infinitésimale autour d'un cercle, le déplacement d'un point est le demi-produit par l'angle de rotation de sa puissance réduite par rapport au cercle.*

H. *La somme des carrés des puissances réduites d'un point par rapport à deux sphères orthogonales est égale au carré de sa puissance réduite par rapport à leur cercle commun. La somme des carrés des puissances réduites d'un*

(1) Cf. Laguerre, *Œuvres*, t. 2, p. 172.

point par rapport à deux cercles harmoniques et à leur sphère orthogonale commune est nulle.

I. *Étant donnés deux cercles paratactiques, le rapport des puissances d'un point variable de l'un par rapport à l'autre et à la sphère orthogonale commune est constant. Étant donnés trois cercles d'une congruence paratactique, les puissances d'un point variable de l'un par rapport aux deux autres sont dans un rapport constant.*

J. *Une cyclide de Dupin est de deux manières le lieu du point dont les puissances par rapport à une sphère et à un cercle orthogonal à celle-ci sont dans un rapport constant. Elle est de* $2 \times \infty^2$ *manières le lieu du point dont les puissances par rapport à deux cercles paratactiques sont dans un rapport constant.*

Si, laissant fixes ces deux derniers cercles, on fait varier le rapport, on obtient un faisceau de cyclides, qui n'est autre qu'un faisceau de cyclides passant par deux cercles paratactiques fixes (§ 3 et 4).

Ces dernières propriétés ont une signification simple en représentation sphérique et, d'autre part, toutes s'interprètent immédiatement en géométrie non euclidienne.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions génératrices des polynomes d'Hermite.* Note de M. **Angelesco**, présentée par M. Appell.

Le polynome d'Hermite

$$U_n = e^{\frac{x^2}{2}} \frac{d^n e^{-\frac{x^2}{2}}}{dx^n}$$

est une intégrale de l'équation

$$y'' - xy' + ny = 0.$$

Il résulte de là qu'une série entière en α de la forme

$$C_0 U_0 + C_1 \alpha U + \ldots + C_n \alpha^n U_n + \ldots,$$

C_0, C_1, ... étant des coefficients ne dépendant pas de x et α, est une intégrale de l'équation aux dérivées partielles

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - x \frac{\partial z}{\partial x} + \alpha \frac{\partial z}{\partial \alpha} = 0.$$

Une série entière en x de la forme

$$(2) \qquad \varphi_0(\alpha) + \frac{x}{1} \varphi_1(\alpha) + \ldots + \frac{x^n}{n!} \varphi_n(\alpha) + \ldots$$

est aussi une intégrale particulière de l'équation (1) pourvu que les fonctions φ_i satisfassent à l'équation aux différences mêlées

$$\varphi_{n+2} = n\varphi_n - \alpha\varphi'_n.$$

Cette équation s'intègre sans difficulté et l'on trouve

$$\varphi_{2m} = (-2)^m \alpha^{2m} \mathrm{F}^{(m)}(\alpha^2),$$
$$\varphi_{2n+1} = (-2)^n \alpha^{2n+1} \Phi^{(n)}(\alpha^2),$$

où $\mathrm{F}(\alpha)$ et $\Phi(\alpha)$ sont deux fonctions arbitraires et où $\mathrm{F}^{(n)}(\alpha)$ désigne la dérivée d'ordre n par rapport à α de $\mathrm{F}(\alpha)$. Donc l'intégrale la plus générale de la forme (2) de l'équation (1) est

$$(3) \qquad \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{(-2\alpha^2 x^2)^m}{(2m)!} \mathrm{F}^{(m)}(\alpha^2) + \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha x \frac{(-2\alpha^2 x^2)^n}{(2n+1)!} \Phi^{(n)}(\alpha^2).$$

Prenons pour $\mathrm{F}(\alpha)$ et $\Phi(\alpha)$ deux fonctions ayant des développements tayloriens. Si nous développons alors l'expression (3) suivant les puissances de α, on voit facilement que l'on obtient une série de la forme

$$(4) \qquad \sum_{n=0}^{n=\infty} \mathrm{C}_n \alpha^n \mathrm{U}_n.$$

L'expression (3) représente donc, pour F et Φ développables en séries de Taylor, la forme la plus générale des fonctions génératrices des polynomes U_n d'Hermite. La détermination des coefficients $\mathrm{C}_0, \mathrm{C}_1, \ldots$ de la série (4) se fait immédiatement par le changement de α en $\frac{\alpha}{x}$ et en faisant croître x indéfiniment. On trouve ainsi

$$\mathrm{C}_{2i} = \frac{(-2)^i}{(2i)!} \mathrm{F}^{(i)}(0),$$
$$\mathrm{C}_{2i+1} = -\frac{(-2)^i}{(2i+1)!} \Phi^{(i)}(0).$$

En prenant $\mathrm{F}(\alpha) = \Phi(\alpha) = e^{-\frac{\alpha}{2}}$, on trouve la fonction génératrice $e^{-\frac{\alpha^2}{2}+\alpha x}$ d'Hermite.

La fonction représentée par l'intégrale, où φ est une fonction arbitraire,

$$\int_0^1 e^{-\frac{\alpha^2 u^2}{2}+\alpha x u} \varphi(u)\, du$$

est aussi une fonction génératrice des polynomes d'Hermite et par suite une intégrale de l'équation (1).

La représentation par intégrale

$$U_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} (x + iv)^n \, dv$$

nous conduit à la solution

$$(5) \qquad z(x, \alpha) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} f(\alpha x + i\alpha v) \, dv$$

de l'équation (1). La fonction f doit remplir les conditions suivantes : les dérivées de z qui rentrent dans l'équation (1) se calculent en dérivant l'intégrale (5) sous le signe somme et l'expression

$$e^{-\frac{u^2}{2}} f'(\alpha x + i\alpha u)$$

s'annule aux deux limites d'intégration. On vérifie, en effet, qu'en remplaçant, dans l'équation (1), z par l'intégrale (5), on a

$$-\alpha i \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial e^{-\frac{v^2}{2}} f'(\alpha x + i\alpha v)}{\partial v} \, dv = 0.$$

De (5) on peut déduire des intégrales de l'équation (1) exprimées à l'aide des fonctions harmoniques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles non mesurables.* Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Le raisonnement suivant généralise et simplifie la méthode de Carathéodory pour démontrer l'existence de parties non mesurables dans chaque ensemble de mesure positive (*Vorl. über reelle Funktionen*, 1918, p. 349).

Bien que tout ce qui suit s'applique directement à un espace d'un nombre quelconque de dimensions, prenons, pour fixer les idées, un plan à deux axes Ox, Oy. Je dirai que deux points $P(x, y)$ et $P'(x', y')$ sont *équivalents* si $x' - x$ et $y' - y$ sont rationnels. Les points équivalents à O sont les points rationnels R_i. Pour simplifier l'écriture nous noterons $P \pm P'$ le point $(x \pm x', y \pm y')$.

Soit E un ensemble borné, mesurable et à mesure positive. Soit V_0 une partie de E, telle que :

1° Deux points quelconques de V_0 ne sont pas équivalents;

2° Chaque point de E est équivalent à un point de V_0.

Je dis que V_0 n'est pas mesurable.

En effet, considérons les points rationnels dont les distances à O ne surpassent pas le diamètre d de E. Numérotons les $R_1, R_2, \ldots$. Si P parcourt V_0, soit V_n l'ensemble des points $P + R_n$. Considérons l'ensemble

$$S = V_0 + V_1 + \ldots.$$

Tous les ensembles V_n ont même mesure extérieure et intérieure, car ils s'obtiennent par des translations de V_0.

Le nombre des V_n est infini.

Si $i \neq k$, V_i et V_k n'ont pas de point commun. Car un point Q commun à V_i et V_k serait tel que $Q - R_i$ et $Q - R_k$ seraient dans V_0, donc en vertu de 1° on aurait $Q - R_i = Q - R_k$, donc $R_i = R_k$, $(i = k)$.

S contient E. Car si P est dans E, V_0 contient un point Q, tel que $P = Q +$ un point rationnel, en vertu de 2°; donc puisque la distance à O de ce point rationnel ne surpasse pas d, c'est un de nos R_n. Donc

$$\textit{mesure} \text{ de } E \leqq \textit{mes. ext.} \text{ de } S \leqq \sum_0^\infty (\textit{mes. ext.} \text{ de } V_n).$$

Il s'ensuit que *mes. ext.* de $V_0 > 0$, car la mesure de E est positive.

D'autre part, S est borné, donc

$$\infty > \textit{mes. int.} \text{ de } S \geqq \sum_0^\infty (\textit{mes. int.} \text{ de } V_n).$$

Il s'ensuit que *mes. int.* de $V_0 = 0$.

V_0 est donc une partie non mesurable de E.

Pour la construction de V_0 il faut recourir à l'axiome de Zermelo. Soit P un point de E. Soit $\mathcal{E}(P)$ l'ensemble des points de E, qui sont équivalents à P. Si P parcourt E, $\mathcal{E}(P)$ parcourt un ensemble d'ensembles. Dans chacun de ces $\mathcal{E}(P)$ choisissons un point. L'ensemble des points choisis peut être pris pour V_0.

Remarques sur la Note de M. J. Wolff, par M. **Émile Borel.**

Le raisonnement fort ingénieux du savant professeur d'Utrecht est une généralisation vraiment remarquable de la méthode de M. Hausdorff, que

j'ai exposée dans mes *Leçons sur la théorie des fonctions* (2e édition, p. 255). Le problème de la construction effective d'ensembles non mesurables, sans l'emploi de l'axiome de M. Zermelo, reste ouvert. Ce problème est fort important, car sa solution permettrait sans doute de se rendre compte si le caractère paradoxal des résultats de M. Hausdorff (et aussi de M. J. Wolff) tient à la nature même de la notion d'ensemble non mesurable ou tient au contraire, comme je l'ai suggéré dans le livre cité, à l'emploi d'un axiome dont le moins qu'on puisse dire est qu'il ne s'impose pas à nous avec la même certitude que les autres axiomes sur lesquels reposent l'arithmétique et l'analyse.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un problème d'Hydrodynamique.* Note [1] de M. **N. Gunther**, présentée par M. Hadamard.

1. Désignant par q_1, q_2, q_3 les coordonnées d'un point arbitraire de l'état initial d'un liquide, partons de trois fonctions u_0, v_0, w_0 de q_1, q_2, q_3 satisfaisant à la condition d'incompressibilité. Ces fonctions seront supposées régulières (y compris la régularité à l'infini, au sens de la théorie du potentiel). Toutefois, elles pourront éprouver des discontinuités de première espèce le long de certaines surfaces Σ entièrement situées à distance finie, des conditions de régularité convenables étant remplies tant par la forme des surfaces Σ que par l'allure des fonctions u_0, v_0, w_0 et de leurs dérivées premières au voisinage de ces surfaces.

2. En partant des fonctions u_0, v_0, w_0 formons une suite de fonctions

$$(1) \qquad u_n, \quad v_n, \quad w_n \qquad (n=0, 1, 2, \ldots),$$

en posant

$$(2) \quad u_{n+1}=u_0+\frac{1}{4\pi}\int_0^t\left(\int\frac{L_n(\xi_n-x_n)}{r_n^3}dp_1\,dp_2\,dp_3\right)dt, \qquad v_{n+1}=\ldots, \qquad w_{n+1}=\ldots$$

où l'intégration est étendue à tout l'espace; où

$$(3) \qquad x_n=q_1+\int_0^t u_n\,dt, \qquad y_n=q_2+\int_0^t v_n\,dt, \qquad z_n=q_3+\int_0^t w_n\,dt,$$

ξ_n, η_n, ζ_n étant obtenus en substituant, dans x_n, y_n, z_n, les variables p_1, p_2,

---

[1] Séance du 22 octobre 1923.

p_3 à la place de q_1, q_2, q_3; où

$$r_n^2 = (\xi_n - x_n)^2 + (\eta_n - y_n)^2 + (\zeta_n - z_n)^2 \tag{4}$$

et où, enfin, on trouve L_n en substituant dans

$$L = 2\begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial q_1} & \frac{\partial u}{\partial q_2} & \frac{\partial u}{\partial q_3} \\ \frac{\partial v}{\partial q_1} & \frac{\partial v}{\partial q_2} & \frac{\partial v}{\partial q_3} \\ \frac{\partial z}{\partial q_1} & \frac{\partial z}{\partial q_2} & \frac{\partial z}{\partial q_3} \end{vmatrix} + 2\begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial q_1} & \frac{\partial u}{\partial q_2} & \frac{\partial u}{\partial q_3} \\ \frac{\partial y}{\partial q_1} & \frac{\partial y}{\partial q_2} & \frac{\partial y}{\partial q_3} \\ \frac{\partial w}{\partial q_1} & \frac{\partial w}{\partial q_2} & \frac{\partial w}{\partial q_3} \end{vmatrix} + 2\begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial q_1} & \frac{\partial x}{\partial q_2} & \frac{\partial x}{\partial q_3} \\ \frac{\partial v}{\partial q_1} & \frac{\partial v}{\partial q_2} & \frac{\partial v}{\partial q_3} \\ \frac{\partial w}{\partial q_1} & \frac{\partial w}{\partial q_2} & \frac{\partial w}{\partial q_3} \end{vmatrix} \tag{5}$$

$u_n, v_n, w_n, x_n, y_n, z_n$ à la place de u, v, w, x, y, z et p_1, p_2, p_3 à la place de q_1, q_2, q_3.

On démontre que, t étant moindre qu'un nombre b, les fonctions (b) vérifient les conditions de régularité et ont, avec leurs dérivées prises par rapport à q_1, q_2, q_3, des dérivées par rapport à t.

En outre, quand n augmente indéfiniment, les fonctions u_n, v_n, w_n tendent vers des limites u, v, w, qui remplissent toutes les conditions signalées pour $u_n, v_n, w_n, n > 0$.

On peut démontrer plus précisément que, étant donné un point M non situé sur la frontière, les termes des séries

$$\begin{cases} u_0 + (u_1 - u_0) + \ldots + (u_n - u_{n-1}) + \ldots, \\ \frac{\partial u_0}{\partial q_i} + \left(\frac{\partial u_1}{\partial q_i} - \frac{\partial u_0}{\partial q_i}\right) + \ldots + \left(\frac{\partial u_n}{\partial q_i} - \frac{\partial u_{n-1}}{\partial q_i}\right) + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases} \tag{6}$$

en un point M sont moindres en valeur absolue que les termes d'une certaine série

$$A_0 + Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n + \ldots \tag{7}$$

dans laquelle, si

$$n > m$$

(m dépendant de la position de point M),

$$Q_{n+1} = an\int_0^t Q_n^{1-\frac{\lambda}{n}}\, dt, \tag{8}$$

a étant une constante qui ne dépend ni de n, ni de la position de point M. Il suit de là que

$$\lim Q_n^{\frac{1}{n}} = [(1+\lambda)at]^{\frac{1}{1+\lambda}}$$

et que, en chaque point M non situé sur la frontière, les séries (11) sont absolument convergentes pour

$$0 \leqq t < 1 : (t + \lambda)^{\alpha}.$$

3. Les fonctions u, v, w forment une solution de système

$$(9) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} = \dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int \dfrac{L(\xi - x)}{r^3}\, dp_1\, dp_2\, dp_3, & x = q_1 + \displaystyle\int_0^t u\, dt, \\ \dfrac{\partial v}{\partial t} = \dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int \dfrac{L(\eta - y)}{r^3}\, dp_1\, dp_2\, dp_3, & y = q_2 + \displaystyle\int_0^t v\, dt, \\ \dfrac{\partial w}{\partial t} = \dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int \dfrac{L(\zeta - z)}{r^3}\, dp_1\, dp_2\, dp_3, & z = q_3 + \displaystyle\int_0^t w\, dt, \end{cases}$$

telle que, pour $t = 0$,

$$u = u_0, \qquad v = v_0, \qquad w = w_0.$$

Si l'on prend, dans (9), x, y, z pour variables indépendantes, on transforme le système (9) en

$$(10) \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial \Pi}{\partial x}, \qquad \frac{\partial v}{\partial t} + \ldots = \frac{\partial \Pi}{\partial y}, \qquad \frac{\partial w}{\partial t} + \ldots = \frac{\partial \Pi}{\partial z},$$

où

$$\Pi = \frac{1}{4\pi}\int \frac{\overline{K}\, d\xi\, d\eta\, d\zeta}{z}, \qquad r^2 = (\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2,$$

où $\overline{K}$ est déduit de la quantité

$$K = 2\left\{\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial u}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial v}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial y}\right\}$$

en y substituant ξ, η, ζ à la place de x, y, z.

En conséquence du choix de la fonction L et de la condition d'incompressibilité vérifiée par u_0, v_0, w_0, les fonctions u, v, w satisfont à cette même condition. En utilisant ce fait, on trouve

$$K = -\sum\sum\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \Omega^2,$$

où Ω est le tourbillon.

HYDRAULIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la similitude dynamique d'un tube d'aspiration et de son modèle*. Note de M. **A. Foch**, présentée par M. Rateau.

L'énergie cinétique $\frac{V^2}{2g}$ de l'eau s'échappant à une vitesse $V m:s$ d'une turbine hydraulique, peut, comme on sait, être récupérée, au moins en partie, par l'emploi de tuyaux d'aspiration à section progressivement croissante vers l'aval. Grâce à l'augmentation de section du tube, il se produit à l'entrée de ce dernier une dépression h (mesurée en mètres d'eau) dont l'effet est d'augmenter la chute effective agissant sur la turbine. On peut appeler « rendement » du tube d'aspiration le rapport $h : \frac{V^2}{2g}$ de la dépression créée par le tube à la hauteur $\frac{V^2}{2g}$ équivalente à la vitesse de l'eau quittant la turbine.

L'objet de cette Note est d'indiquer comment on peut déterminer ce rendement par des essais sur des modèles. Le problème est au fond identique à celui des expériences sur les carènes de navire; j'emploierai les mêmes méthodes et les mêmes approximations.

Admettons que les pertes dans le tube sont la somme de deux classes de pertes *indépendantes :*

1° Pertes P_f par frottement sur les parois, dues surtout aux phénomènes de viscosité. Ces pertes peuvent se calculer au moyen des formules de Lévy ou de Flamant. Soit h_f la hauteur d'eau équivalente.

2° Pertes P_v par vagues et remous dans le tube et le canal de fuite. Ces pertes se produiraient même avec un liquide parfaitement mobile; on admet que leur valeur est indépendante de la viscosité.

Or soient un tube et son modèle; l'échelle d'exécution sera définie par une longueur caractéristique l (par exemple le diamètre de la section d'entrée du tube); des considérations classiques d'homogénéité conduisent à penser que la hauteur d'eau h_v équivalente aux pertes P_v par vagues et remous est de la forme

$$h_v = \frac{V^2}{2g} f\left(\frac{V^2}{2g}\right).$$

Or $1 - \frac{h_v}{\frac{V^2}{2g}}$ est le rendement du tube *parcouru par un liquide non visqueux ;* par suite, il sera le même pour un tube et son modèle lorsque les vitesses

seront dans le rapport des racines carrées des dimensions homologues. Nous retrouvons la règle de Froude [1].

J'ai essayé de soumettre cette règle à une vérification expérimentale.

J'ai utilisé deux modèles (respectivement au $\frac{1}{20}$ et au $\frac{1}{80}$, le premier en tôle et ciment, le deuxième en bois) de tubes d'aspiration destinés aux turbines Neyret-Beylier et Picard-Piétet pour la chute d'Eguzon. Je réglais l'écoulement à travers ces tubes en faisant varier la charge à l'aval, le niveau amont étant maintenu invariable; la différence des charges à l'amont et à l'aval donnait la somme $H = h_v + h_f$ des hauteurs d'eau équivalentes aux pertes par frottements et par vagues; retranchant de H la hauteur h_f calculée par la formule de Flamant, on obtenait h_v. Les courbes donnant pour les deux modèles $h_v : \frac{V^2}{2g}$ en fonction de $\frac{V^2}{lg}$ doivent coïncider.

L'expérience a montré effectivement que les deux courbes ont même forme; la courbe relative au petit modèle était légèrement au-dessus de celle correspondant au grand; $h_v : \frac{V^2}{2g}$ étant de l'ordre de 0,40, l'écart des deux courbes est au maximum de 0,05. L'accord peut donc être considéré comme satisfaisant, étant donné la difficulté de réaliser une similitude parfaite et surtout d'évaluer avec précision le terme h_f; la différence des coefficients de frottement dans les deux modèles suffirait à rendre compte des écarts.

En admettant la validité de la règle, on peut calculer le rendement qu'aurait le tube d'aspiration grandeur d'exécution. Les essais sur le modèle au $\frac{1}{20}$ donnent

$$\frac{h_v}{\frac{V^2}{2g}} = 0,20.$$

Or dans ce tube on a

$$V = 8\,\text{m}:\text{s}, \qquad \frac{V^2}{2g} = 3^\text{m},27,$$
$$h_f = 0,13.$$

Donc

$$\eta = 1 - \frac{h_f + h_v}{\frac{V^2}{2g}} = 1 - \frac{0,13 + 0,20 \times 3,27}{3,27} = 0,76.$$

On récupérerait les $\frac{3}{4}$ de l'énergie cinétique sortant de la turbine; or, cette dernière vaut 0,06 de la chute totale; un tracé idéal du tube se traduirait, au maximum, par un gain de 1,5 pour 100 dans le rendement global.

---

[1] M. Rateau a attiré mon attention sur le fait que l'établissement de cette règle par développements en série soulève des objections mathématiques en raison de l'existence de surfaces de discontinuité; il faut donc ne considérer le résultat précédent que comme une suggestion sur la forme du résultat.

AVIATION. — *Calcul du poids de combustible consommé par un avion en vol ascendant.* Note [1] de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Rateau.

Dès que les progrès réalisés en construction d'avions et de moteurs ont fait entrevoir la possibilité de grands parcours sans escale, les techniciens ont recherché les conditions du vol le plus économique et les plus grandes distances franchissables.

La formule usuelle du rayon d'action, établie par nous pendant la guerre et discutée depuis d'une façon remarquable par M. Rateau [2], suppose la trajectoire de l'avion sensiblement horizontale, approximation légitime, comme nous le verrons.

Cette Note a pour but de montrer comment on doit compléter cette formule pour tenir compte du changement d'altitude à chaque instant et la rendre ainsi applicable au vol ascendant à incidence constante.

Soient :

P_0, P, le poids total en kilogrammes de l'avion au départ et à l'instant t, $P_0 - P$ étant le poids P_c de combustible consommé depuis le départ;

W, la puissance en kilogrammètres par seconde du moteur à l'instant t;

m, la consommation spécifique moyenne du moteur, essence et huile, en kilogrammes par cheval-heure;

$\tang \varphi$, la résistance relative de l'avion, pratiquement invariable en vol ascendant;

ρ, le rendement du propulseur, légèrement croissant avec l'altitude en vol ascendant, mais auquel on peut pratiquement assigner une valeur moyenne;

v, u_z, la vitesse suivant la trajectoire et la vitesse ascensionnelle de l'avion en mètres par seconde;

t, L, Z, le temps en secondes, la distance parcourue suivant la trajectoire et l'altitude en mètres.

Le poids de combustible dépensé pendant le temps dt aura pour valeur

$$dP_c = \frac{m W \, dt}{270000}. \tag{1}$$

D'autre part, la valeur moyenne du cosinus de l'angle de montée étant

(1) Séance du 29 octobre 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 364.

assimilable à l'unité, l'équation de puissance en vol ascendant nous donne

$$\text{(2)} \qquad \mathrm{P}v \operatorname{tang}\varphi + \mathrm{P}u_z = \rho \mathrm{W},$$

d'où, par élimination de la puissance W entre (1) et (2),

$$\text{(3)} \qquad \left(v + \frac{u_z}{\operatorname{tang}\varphi}\right) dt = \frac{270000\rho}{m \operatorname{tang}\varphi} \frac{d\mathrm{P}_c}{\mathrm{P}}.$$

Mais $d\mathrm{P}_c = -d\mathrm{P}$, $v\,dt = d\mathrm{L}$, $u_z\,dt = d\mathrm{Z}$. En supposant $\operatorname{tang}\varphi$, ρ et m constants, une intégration immédiate donne la formule cherchée, le logarithme étant à base 10:

$$\text{(4)} \qquad \mathrm{L} + \frac{\mathrm{Z}}{\operatorname{tang}\varphi} = \frac{622000\rho}{m \operatorname{tang}\varphi} \log \frac{\mathrm{P}_0}{\mathrm{P}}.$$

Comme $\mathrm{P} = \mathrm{P}_0 - \mathrm{P}_c$, nous connaissons ainsi P_c en fonction de $\mathrm{L} + \frac{\mathrm{Z}}{\operatorname{tang}\varphi}$. Cette formule est générale, car elle ne nécessite, pour son établissement, aucune hypothèse sur la variation de la puissance du moteur.

Remarquons qu'en tenant compte de la distance franchissable en vol plané à l'arrivée, la correction d'altitude disparaît. La pente de la trajectoire de descente étant, en effet, $\operatorname{tang}\varphi$, la distance parcourue se trouvera augmentée de $\frac{\mathrm{Z}}{\operatorname{tang}\varphi}$. Ce terme additif annulera le terme soustractif dû à l'ascension. En pratique, la formule non corrigée donne donc des résultats suffisamment exacts pour le calcul des plus grandes distances franchissables. Par contre, la formule complète (4) prend un très grand intérêt dans l'évaluation du poids du combustible consommé à chaque instant dans un vol de montée.

Dans ce cas, il suffit d'évaluer $\mathrm{L} + \frac{\mathrm{Z}}{\operatorname{tang}\varphi}$ en fonction de Z, c'est-à-dire la distance L parcourue à chaque altitude Z. On peut, dans ce but, déterminer la relation liant v et u_z et dont l'intégration fera connaître L.

Pour un vol de montée, sans suralimentation et à pleine admission, ce calcul est particulièrement simple si, comme le montre l'expérience, on remarque que v et u_z varient pratiquement suivant une loi linéaire de l'altitude, donc se correspondent aussi linéairement. Si v_0 et v_h sont les valeurs de v au départ et au plafond ($v_h > v_0$), u_0 la valeur de u_z au départ, h l'altitude du plafond à laquelle u_z est nulle par définition, la loi linéaire se traduit par l'équation

$$\text{(5)} \qquad v = v_h - \frac{v_h - v_0}{u_0} u_z,$$

d'où

$$L = v_h t - \frac{v_h - v_0}{u_0} Z. \quad (6)$$

Le temps t est connu en fonction de Z par les essais en vol ou l'application de la formule usuelle des temps de montée, le logarithme étant à base 10 :

$$t = \frac{2,3h}{u_0} \log \frac{h}{h - Z}. \quad (7)$$

Application au Bréguet XIX-A2.

$P_0 = 2100^{kg}$, $h = 7000^m$, $v_0 = 38,9$ m/s., $v_h = 43,4$ m/s.,
$u_0 = 6$ m/s., $m = 0^{kg},280$; $\rho = 0,68$, $\tan\varphi = 0,11$.

Altitude Z.	Temps.	Distance L.	$L + \frac{Z}{\tan\varphi}$.	Combustible consommé P_c
m		m	m	kg
2000	6'.30"	15460	33660	11,902
4000	16.25	39800	76200	26,745
6000	37.40	93800	148300	51,619
6800	1h 9	174800	236600	81,933

MÉTROLOGIE. — *Sur un micropalmer.* Note de MM. C. **Chéneveau** et **J. Callame**, présentée par M. Paul Janet.

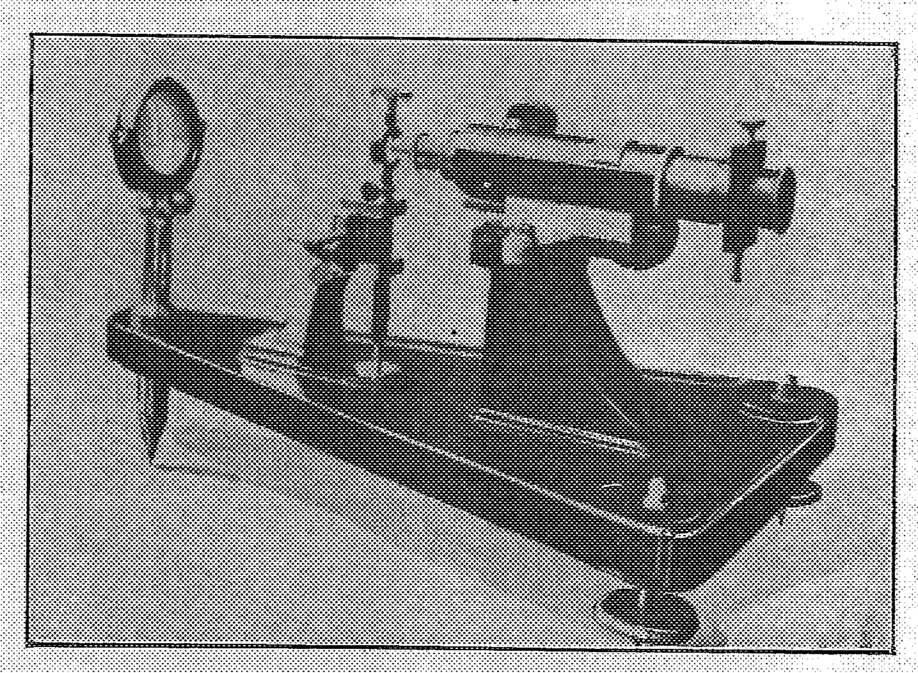
L'un de nous [1] a donné, en 1912, le principe d'un appareil simple, précis et fidèle, pour mesurer des épaisseurs de disques ou lames de caoutchouc, sans l'intermédiaire d'un levier.

Ponr obtenir une *pression constante*, et *aussi faible que possible* afin d'éviter la déformation des échantillons, la mesure se faisait à l'aide d'une tige légère guidée, se déplaçant bien verticalement, dont l'extrémité supérieure portait un micromètre sur lequel était braqué un microscope fixe. L'extrémité inférieure reposant d'abord sur un plan et le réticule du microscope étant placé au zéro de la graduation micrométrique, pour déterminer l'épaisseur, il suffisait de soulever la tige, de faire appuyer son extrémité inférieure sur la partie supérieure de la pièce d'essai disposée sur le plan et de lire directement le déplacement du micromètre.

La pression constante était fournie par le poids invariable de la partie mobile.

[1] Chéneveau et F. Heim, *Journal de Physique*, 5e série, t. 2, 1912, p. 546.

Un tel appareil pouvant rendre de grands services dans l'industrie des matières plastiques, nous l'avons perfectionné pour obtenir le *millième de millimètre*.



Le nouvel appareil (voir la figure) comprend un microscope à oculaire réticulé, avec ses réglages de mise au point, d'un grossissement de 500, monté très solidement, en position horizontale, sur un bâti portant des vis calantes. Sur ce statif rigide, qui assure la stabilité absolue de l'instrument, est un petit plan d'acier parfaitement dressé. Sur ce plan peut venir s'appuyer l'extrémité inférieure de la tige en acier dont le déplacement vertical est rigoureusement assuré par un guidage convenable lui permettant de retomber librement sous l'influence de son poids.

On peut d'ailleurs, à l'aide d'un petit plateau placé à sa partie supérieure, charger la tige et modifier son extrémité inférieure pour essais de dureté, perçage, etc.

Un doigt, manœuvré extérieurement à la tige, permet de la remonter sans y toucher et, par conséquent, sans risquer de la fausser.

A la partie supérieure de la tige se trouve une petite bonnette portant un micromètre chiffré, au centième de millimètre; sa longueur détermine l'épaisseur limite mesurable. On peut facilement estimer le dixième de division et lire ainsi le millième de millimètre.

La manipulation est très simple. Le réticule étant réglé au zéro de la division du micromètre quand la tige porte sur le plan par sa partie inférieure, on soulève la tige, on place l'échantillon sur le plan et, abaissant la tige jusqu'au contact de la pièce d'essai, on lit au microscope l'épaisseur à 1μ près.

Il nous suffit d'ajouter que le dispositif réalisé peut être également employé pour tout calibrage, précis et rapide, de petites pièces fabriquées en matières de duretés très diverses et peut ainsi être utilisé dans tous les laboratoires scientifiques ou industriels où l'on a à effectuer des mesures de faibles épaisseurs.

PHYSIQUE. — *Sur l'expérience de Michelson.*
Note [1] de M. E. Bayliński, présentée par M. Daniel Berthelot.

Il paraît utile de reprendre d'une manière plus approfondie l'interprétation qui est donnée habituellement de l'expérience de Michelson lorsqu'on suppose l'éther absolument immobile et la vitesse de la lumière indépendante de celle de la source qui l'émet.

Désignons, dans le plateau de Michelson, par G la glace à 45° placée au centre O, par M_1 le miroir en quadrature avec la source S, par M_2 le miroir diamétralement opposé à S, par E l'écran récepteur diamétralement opposé à M_1, et par l, l' et l'' les longueurs OM_1, OM_2 et OE.

Considérons une des ondes planes émises par la source qui se déplace avec la vitesse constante v tout d'abord dans la direction SOM_2. L'onde réfléchie par la glace AG se déterminera en considérant chaque élément de l'onde incidente comme émettant une onde sphérique élémentaire au moment où il rencontre la glace G et en prenant l'enveloppe de ces ondes élémentaires à un instant donné.

On voit immédiatement que l'onde réfléchie sera plane et que la direction de propagation de l'onde réfléchie fera un angle α avec la direction de propagation qu'aurait cette onde si le plateau était au repos absolu, avec, en appelant β le rapport de v à c,

$$\tang\alpha = \beta \frac{1 - \frac{\beta}{2}}{1 - \beta}.$$

Il résulte de là que le temps mis par l'onde à aller du centre de la glace

(1) Séance du 22 octobre 1923.

au miroir et à en revenir a pour valeur

$$\frac{2l}{c\cos\alpha}=\frac{2l}{c}\left[1+\frac{\beta^2}{2(1-\beta)}\right]=\frac{2l}{c}\left[1+\frac{\beta^2}{2}+\frac{\beta^3}{2}+\frac{\beta^4}{2}+\ldots\right]$$

au lieu de

$$\frac{2l}{\sqrt{c^2-v^2}}=\frac{2l}{c}\left[1+\frac{\beta^2}{2}+\frac{3}{8}\beta^4+\ldots\right].$$

Mais on ne peut guère parler du temps que met l'onde à aller au miroir, du moment qu'elle est oblique à ce dernier et que ses divers éléments l'aborderont successivement. Suivons donc la marche d'un point B de l'onde en désignant par h la distance de B à un autre point A de l'onde, et en supposant que les longueurs l, l' et l'' sont égales.

Des calculs simples, qui seront détaillés ailleurs, montrent que le temps mis par le point B à arriver à l'écran, depuis le moment où le point A atteint la glace G, a pour valeur

$$t_1=\frac{3l}{c}\left[1+\frac{\beta^2}{2(1-\beta)}\right]+\frac{\beta h}{c}\,\frac{1-\frac{\beta}{2}}{1-\beta},$$

et que cet élément B arrivera sur l'écran à une distance du centre E de cet écran égale à

$$\frac{3}{2}\beta^2 l+h\left(1-\frac{\beta^2}{2}\right),$$

dans le sens du mouvement de la Terre.

Considérons maintenant un autre élément B'_1 de l'onde incidente à la distance h' de A, et faisant le trajet de B'_1 en M_2, puis en G, puis à l'écran. La réflexion sur la glace G au retour du miroir M_2 s'étudiera comme précédemment, l'angle α sera remplacé par un angle α' tel que

$$\operatorname{tang}\alpha'=\beta\,\frac{1+\frac{\beta}{2}}{1+\beta}.$$

La durée totale du trajet jusqu'à l'écran sera

$$t_2=\frac{l}{c}\left[\frac{3}{1-\beta^2}-\frac{\beta^2}{2(1-\beta)}\right]+\beta\frac{h'}{c}\,\frac{1+\frac{\beta}{2}}{1+\beta}$$

et la distance du centre de l'écran au point d'arrivée sera

$$h'-\frac{\beta^2}{2}(l+h').$$

Pour que ces deux éléments B et B'_1 se rencontrent sur l'écran, il faut que ces deux distances soient égales, ce qui détermine h'.

D'ailleurs t_1 et t_2 sont égaux, puisque B et B'_1 sont deux éléments d'une même onde incidente; il en résulte que l'on doit avoir

$$h = l\frac{1-\frac{3}{2}\beta^2}{1-\frac{\beta^2}{2}} = l\left(1-\beta^2-\frac{\beta^4}{2}+\ldots\right),$$

c'est-à-dire que l'élément B serait hors de la partie de l'onde incidente qui joue un rôle dans le phénomène.

On en conclut que les deux ondes en lesquelles se dédouble l'onde incidente se coupent théoriquement, mais en dehors de la région où elles existent réellement. Les deux ondes qui se rencontrent sur l'écran ne proviennent pas de la même onde incidente; la différence de phase des deux ondes incidentes est égale à

$$2\pi\beta^2\frac{l}{\lambda}\left(1+\frac{3}{2}\beta^2+\ldots\right).$$

Il en résulte immédiatement qu'il n'y aura pas de franges d'interférence sur l'écran, mais une plage presque uniformément éclairée ou sombre.

Lorsque le mouvement de la Terre a lieu dans la direction OE, les calculs, un peu plus compliqués de forme, montrent que la différence de marche, qui était dans le premier cas

$$t_2-t_1=\frac{l}{c}\times\frac{1}{1-\beta^2}\times\frac{\beta^2}{1-\frac{\beta^2}{2}}=\beta^2\frac{l}{c}\left(1+\frac{3}{2}\beta^2+\ldots\right),$$

devient dans le second cas

$$t_4-t_3=-\frac{\beta^2 l}{c}\left(1+2\beta+\frac{\beta^2}{2}+\ldots\right).$$

Ce résultat, tout à fait différent de celui qui est donné habituellement, entraîne quelques conséquences intéressantes.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un dispositif d'arc dans le vide permettant d'obtenir les spectres des métaux avec de très faibles quantités de matière.* Note de M[lle] **Berthe Perrette**, présentée par M. G. Urbain.

Dans diverses recherches spectroscopiques il est utile de produire le spectre d'émission d'un métal en utilisant de très petites quantités de

matière. L'arc électrique entre charbons souvent employé ne donne pas à ce point de vue pleine satisfaction; de plus les raies des spectres ainsi produits ne sont pas aussi fines que celles données par les gaz lumineux sous faibles pressions. Le dispositif décrit ici permet d'obtenir pendant longtemps, avec une quantité de matière très faible, un spectre intense formé de raies très fines. La méthode, déjà employée par plusieurs observateurs [1], consiste à produire, dans le vide, un arc entre une cathode portée à l'incandescence par un courant auxiliaire et une anode sur laquelle est déposée une petite quantité du métal à étudier.

L'appareil que j'ai réalisé présente divers avantages sur ceux employés jusqu'ici; il est représenté en coupe par la figure ci-après.

La *cathode* BC est un fil de tungstène pur (ou mieux de tungstène thorié qui donne une émission électronique plus intense), relié à deux pièces de cuivre B, C de telle manière que le remplacement du filament soit facile; le filament a 15^{mm} de longueur et environ $0^{mm},2$ de diamètre. Il est porté à haute température par un courant de 4 à 5 ampères fourni par une petite batterie d'accumulateurs de 12 volts.

L'*anode* A est constituée par une plaque de tungstène au centre de laquelle a été creusée au diamant une cavité en forme de coupelle, destinée à recevoir la petite quantité de matière soumise à l'expérience.

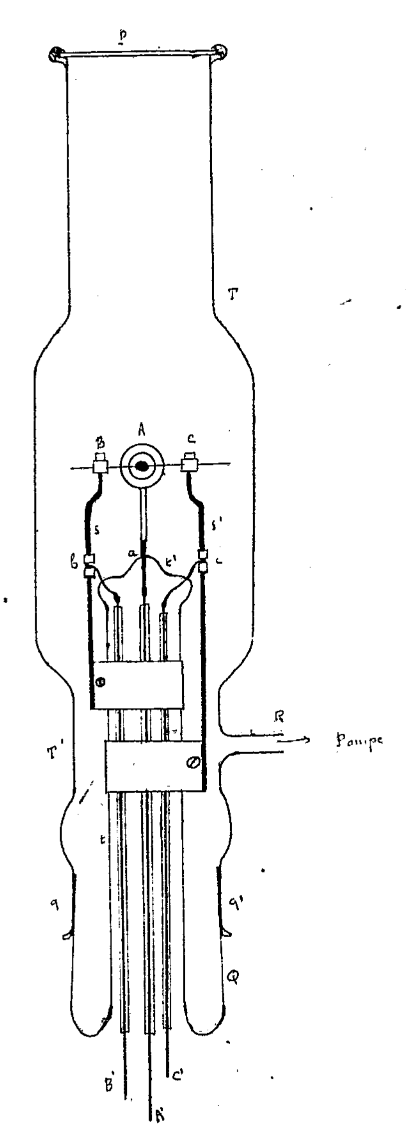
Ces pièces sont montées sur un support en verre tt', terminé par une pièce de verre Q portant un rodage qq'. Tout l'appareil est placé dans une enveloppe de verre TT' fermée à une extrémité par la pièce Q servant de bouchon, et à l'autre par une fenêtre P, en verre ou en quartz, à travers laquelle se font les observations. Une tubulure latérale R relie l'appareil à une pompe Gaëde; la pression pendant le fonctionnement de l'arc est ordinairement de 2 à 3 millièmes de millimètre de mercure. Un manchon réfrigérant, non représenté sur la figure, assure le refroidissement de la partie centrale du tube.

La distance entre l'anode et la cathode doit être faible pour que les électrons émis n'annulent pas le champ au voisinage de la cathode, et que l'on puisse obtenir un courant thermoionique intense. Avec une distance de 2^{mm} à 3^{mm} et une différence de potentiel de 110 volts on obtient 500 milliampères en employant un seul filament cathodique. On peut aller plus loin en employant 2 ou 3 filaments en parallèle. Avec 2 filaments on a atteint

[1] JANIKI, *Ann. der Physik*, 1909. — WALI MOHAMMAD, *Astrophys. J.*, 1914. — ARONBERG, *Ibid.*, 1918. — NAGAOKA, *Ibid.*, 1921.

un débit de 1,6 ampère, avec 3 filaments on dépasse facilement 2 ampères.

L'emploi du tungstène présente de grands avantages sur les cathodes de Wehnelt, généralement employées par les observateurs dont on a cité les travaux.



1° Le régime est beaucoup plus régulier : les cathodes de Wehnelt en effet ne fonctionnent bien ni quand la couche d'oxyde est trop épaisse, ni quand cette couche est trop mince ; il en résulte des irrégularités de régime.

2° Les cathodes de Wehnelt s'usent assez rapidement et doivent être assez fréquemment changées; de plus quand on les remplace il est rare que l'on obtienne des résultats identiques les uns aux autres. Avec le tungstène au contraire tous les filaments sont identiques et la substitution de l'un à l'autre ne modifie en rien les conditions d'un régime déterminé.

3° Il est plus facile d'opérer avec un bon vide et d'obtenir des spectres purs; au-dessous de 3 à 4 millièmes de millimètre de mercure toutes les bandes de l'air et du carbone disparaissent en général.

Toutefois le tungstène doit être porté à haute température et donne une émission intense de spectre continu. On élimine à très peu près ce spectre projetant l'image du filament en dehors de la partie de la fente utilisée.

Pour donner une idée des qualités des spectres obtenus, voici quelques résultats relatifs au plomb.

1° La finesse est telle que les anneaux d'interférence obtenus avec 20^{mm} de différence de marche sont d'une netteté parfaite; pour la raie 4058 on obtient ainsi un ordre d'interférence voisin de 50000 et l'on pourrait aller beaucoup plus loin.

2° L'intensité du spectre est telle, qu'avec un spectrographe de quartz à 2 prismes de 6^{cm} de bases et des lentilles de 1^{m} de distance focale, on peut obtenir de très bons clichés en 20 secondes en employant des plaques au lactate dont la sensibilité est faible.

3° Enfin la consommation de matière est très minime, ce qui peut être intéressant dans l'étude des spectres des matières rares : ainsi avec une quantité de plomb inférieure à $0^{g},05$ on a pu prendre 11 clichés dont plusieurs avec appareil interférentiel. De plus la matière volatilisée à l'anode se condense sur les parois refroidies du tube et peut être récupérée chimiquement s'il y a lieu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur la stabilité, en présence de l'eau, d'un certain nombre de mélanges binaires.* Note (¹) de M. **N. Perrakis**, présentée par M. Haller.

Dans une étude antérieure nous avons déterminé les courbes de cristallisation d'un certain nombre de mélanges binaires, miscibles en toutes proportions à l'état liquide, et nous avons déduit, de l'allure de ces courbes, le degré de stabilité ou de précarité de cette miscibilité.

(¹) Séance du 29 octobre 1923.

Dans le présent travail, nous nous sommes proposés d'étudier l'action de l'eau sur ces mélanges.

Dans ce but, nous avons déterminé, à température constante et en fonction de la composition du mélange étudié, la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'ajouter à 100^g du mélange pour faire apparaître une nouvelle couche liquide.

Nous diviserons les systèmes étudiés en deux groupes :

Groupe A. — Mélanges, avec l'alcool éthylique, respectivement de chacun des corps suivants : oxyde de phényle, benzène, *o*-crésol, phénol.

Groupe B. — Mélanges, avec le benzène, respectivement de chacun des alcools suivants : méthylique, éthylique [1], isopropylique, butylique normal.

Dans le cas des deux derniers mélanges du groupe A, la quantité d'eau nécessaire pour amener l'apparition d'une deuxième phase est très grande; nous nous sommes contentés de faire, pour chacun de ces deux mélanges, une seule détermination, ainsi, le mélange d'*o*-crésol et d'alcool éthylique à 33°,16 pour 100, en poids, d'alcool a exigé 25^g,9 d'eau, tandis que le mélange de phénol et d'alcool éthylique à 33°,60 pour 100 d'alcool en a exigé 81^g environ.

Les courbes du graphique ci-contre traduisent les résultats de cette étude pour les autres mélanges. La courbe I correspond au mélange oxyde de phényle alcool éthylique; les courbes II, III, IV et V correspondent, respectivement, au mélange du benzène avec chacun des quatre alcools méthylique, éthylique, isopropylique et butylique normal.

Il est évident que la quantité d'eau nécessaire pour amener l'apparition d'une deuxième phase dépend de trois facteurs : le degré de stabilité ou de précarité dans la miscibilité des deux constituants du mélange étudié et les degrés respectifs d'affinité, pour l'eau, de chacun de ces constituants.

En fait il nous est impossible de changer *isolément l'un* de ces trois facteurs; si nous changeons *un* des constituants du mélange nous changeons *simultanément* le degré de miscibilité du mélange et l'affinité pour l'eau du constituant qui a varié.

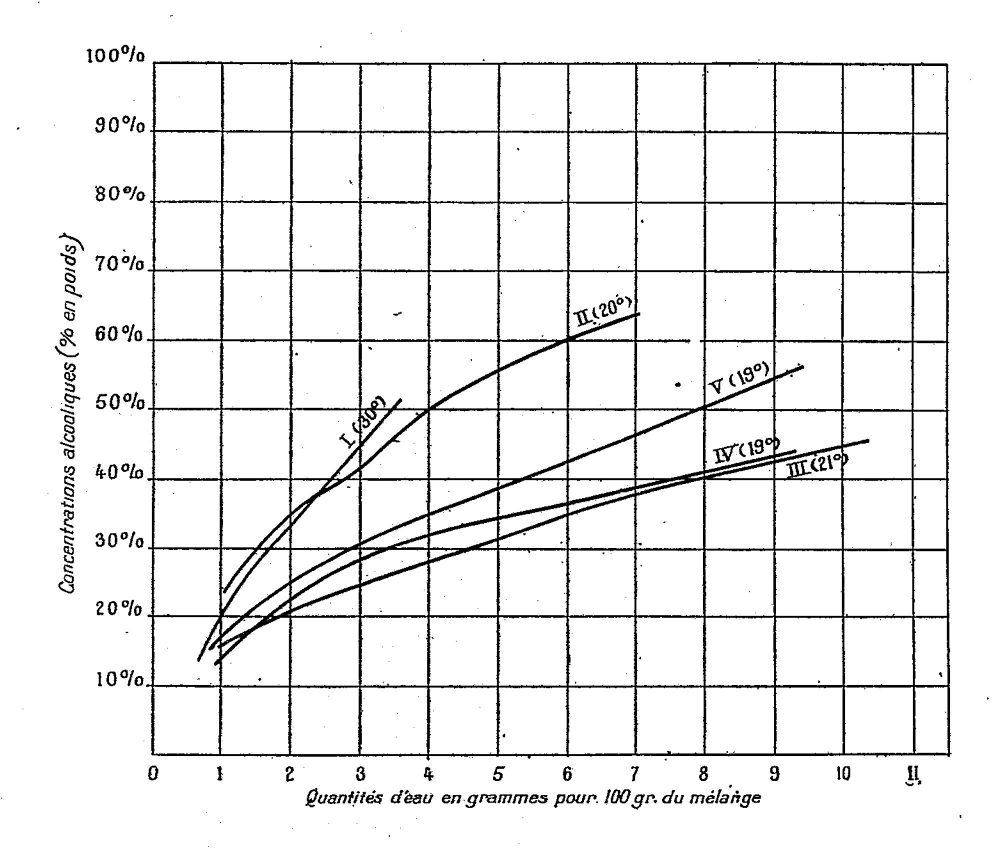
Nous ne pouvons donc prévoir ce qui va se passer que si les effets de ces deux changements s'ajoutent. S'ils se contrarient, nous ne pouvons, FAUTE DE RELATION QUANTITATIVE, *prévoir lequel de ces deux effets va l'emporter.*

Groupe A. — Ici c'est le constituant relativement peu soluble dans l'eau

(1) Le mélange benzène-alcool éthylique fait partie des deux groupes A et B.

qui varie. *Cette solubilité s'améliore quand on passe de l'oxyde de phényle au phénol et il en est de même de la miscibilité du mélange avec l'alcool.*

Il en résulte que les variations simultanées des deux facteurs, solubilité dans l'eau et miscibilité avec l'alcool, tendent *toutes deux* à faire croître la quantité d'eau quand on passe de l'oxyde de phényle au phénol. *C'est ce que l'expérience vérifie.*



Groupe B. — Ici c'est le constituant le plus soluble dans l'eau (l'alcool) qui varie. *Cette solubilité décroît quand on passe de l'alcool éthylique à l'alcool butylique; au contraire la miscibilité avec le benzène va en s'améliorant de l'alcool méthylique à l'alcool butylique.*

Les effets produits par les variations simultanées de ces deux facteurs étant de sens contraires, nous ne pouvons rien prévoir sur l'effet résultant obtenu.

Tout ce que nous pouvons dire est que :

1° L'action du degré de miscibilité semble prédominante quand on

compare l'alcool méthylique avec les autres alcools (miscibilité moins bonne, moindre quantité d'eau);

2° Les effets des variations des deux facteurs semblent se contre-balancer quand on compare l'alcool éthylique à l'alcool isopropylique (la quantité d'eau est à peu près la même dans les deux cas);

3° Enfin l'action de la solubilité semble l'emporter sur l'action de la miscibilité quand on compare l'alcool butylique normal à l'alcool isopropylique (solubilité de l'eau dans le premier alcool moins grande, moins grande quantité d'eau).

Sans doute serait-il désirable de pouvoir établir, entre la solubilité et la miscibilité considérées dans cette étude et les quantités d'eau nécessaires pour amener l'apparition d'une deuxième phase, des relations numériques susceptibles d'une vérification expérimentale plus rigoureuse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *De la polymérisation de l'acétylène par contact.* Note de M. N. D. **Zelinsky**, présentée par M. A. Haller.

L'expérience classique de Berthelot ([1]) sur la polymérisation de l'acétylène est, comme on le sait, à la base de la synthèse chimique et offre une grande importance au point de vue théorique.

On peut juger de la difficulté qu'a rencontrée la réalisation de cette expérience par la remarque suivante de Berthelot : « après une suite fastidieuse de manipulations méthodiques, j'ai obtenu en quantité suffisante un liquide jaunâtre que j'ai soumis à des distillations fractionnées ». Malgré les faibles quantités des produits de condensation de l'acétylène qui étaient à la disposition de Berthelot, il a pu, grâce à son ingéniosité, démontrer dans ces produits la présence des principaux représentants des hydrocarbures aromatiques.

Ce n'est que bien longtemps après que la question a été reprise par Moissan et Moureu ([2]). Ces auteurs ont montré, en 1896, que déjà à la température normale l'acétylène est absorbé, après dégagement de chaleur, par le fer fraîchement réduit, ainsi que par le nickel et le cobalt ; la majeure partie du carbure se décompose en ses éléments, tandis qu'une très faible partie se condense et donne naissance à des hydrocarbures aromatiques. Les mêmes résultats furent constatés dans la suite par Sabatier et Senderens ([3]):

([1]) *Ann. Chimie et Phys.*, 3e série, t. **53**, 1858, p. 188; 4e série, t. **12**, 1867, p. 53; *Comptes rendus*, t. **62**, 1866, p. 905; t. **63**, 1866, p. 479, 575, 788.

([2]) *Comptes rendus*, t. **122**, 1896, p. 1240.

([3]) *Comptes rendus*, t. **130**, 1900, p. 250.

en présence de fer, de platine, de cobalt et de nickel, ils ont vu que l'acétylène se décompose principalement en carbone et hydrogène, et qu'une bien faible partie se polymérise en formant des produits aromatiques et hydro-aromatiques.

En 1912, ont paru les recherches de R. Meyer [1] sur la condensation pyrogénée de l'acétylène. Elles avaient pour objet d'établir jusqu'à quel point les produits de cette condensation se rapprochent du goudron de la houille. Ces expériences ont été effectuées sans catalyseurs, ou substances de contact. Il a été fait usage des dilutions au moyen d'hydrogène ou d'autres gaz indifférents, afin d'éviter la décomposition de l'acétylène à des températures élevées. Malgré ces précautions, une grande partie d'acétylène était décomposée dans ses expériences; les tubes en porcelaine dont il se servait ne tardaient pas à s'obstruer par de la suie. Le rendement en goudron acétylénique variait en fortes proportions.

Le problème de la transformation de l'acétylène en hydrocarbures aromatiques n'a donc pu être considéré comme définitivement résolu. Toutes les expériences dont il vient d'être question ont été effectuées sous la pression ordinaire. Il a été, d'ailleurs, impossible d'opérer autrement, car l'acétylène devient encore moins stable à des pressions élevées. Pourtant *à priori* on devait s'attendre à ce qu'une haute pression fût favorable à la condensation de l'acétylène.

J'ai essayé de remplacer la pression par un autre facteur, notamment par le contact d'acétylène avec un corps très poreux, pourvu d'un système capillaire fortement accusé. Je me suis adressé à cet effet au *charbon de bois activé* qui fut appliqué d'abord en Russie et ensuite dans d'autres pays, pendant la grande guerre, en sa qualité d'absorbant solide, polyvalent, ou général, dans les masques qui portent mon nom, contre les gaz asphyxiants.

Le volume des pores dans le charbon moyennement activé constitue, d'après mes évaluations, 88 pour 100 du volume total du charbon. Dans le charbon plus fortement activé, la porosité atteint 90 pour 100 et plus. Les gaz et les vapeurs, absorbés par le charbon, doivent se trouver sous une forte pression.

Il doit en être de même pour l'acétylène; ce dernier, étant naturellement comprimé dans les pores du charbon, se trouve dans des conditions physiques autres que lorsqu'il est sous une pression ordinaire.

J'ai procédé de la façon suivante : je remplissais de charbon de bois activé un tube en verre d'Iéna ou en porcelaine, long de 70^{cm} et de 15^{mm} de

---

[1] *Bull.*, t. 45, 1912, p. 1609; t. 46, 1913, p. 3123; t. 47, 1914, p. 2765; t. 50, 1917, p. 422; t. 51, 1918, p. 1571; t. 53, 1920, p. 1261.

diamètre; après avoir chassé l'air par un courant d'acétylène pur, je le portais à la température 640°-650° dans l'atmosphère d'acétylène. La vitesse de pénétration de l'acétylène dans le tube était telle que l'on pouvait encore compter les bulles de gaz qui traversaient le laveur. On pouvait obtenir, à cette vitesse, en l'espace de 20 heures, 115^g,3 d'acétylène condensé recueilli dans mélange réfrigérant; celui-ci était de couleur de thé d'intensité moyenne et de poids spécifique 0,9234 à 19°; le $n_D^{19°} = 1,5445$.

Lorsque la vitesse du courant d'acétylène était plus grande, on obtenait une plus grande quantité de produit condensé; ainsi, il a été obtenu, en 7 heures, 110^g de goudron acétylénique de poids spécifique 0,951 à 20°. Dans un cas, où il a été fait usage d'un tube de plus petit calibre à la même vitesse que plus haut, il a été récolté, en l'espace de 11 heures, 180^g de produit de condensation.

Lorsqu'on opère dans les conditions indiquées, on n'a pas d'explosion d'acétylène; la masse principale de ce dernier, après contact avec du charbon, subit une polymérisation presque totale; une partie sort du tube sans être modifiée; enfin, une petite partie subit une décomposition plus profonde.

L'action favorable qu'exerce le charbon sur la condensation de l'acétylène est donc hors de doute.

Sans entrer dans les détails, faisons remarquer que nous avons procédé à une série d'éxpériences sur une échelle plus grande. Le rendement en produits de condensation, déjà *à la suite du premier passage d'acétylène*, a été de 70-74 pour 100 du poids mis en œuvre (76-80^g de goudron sur 100^l d'acétylène).

Le rôle du charbon de bois activé, en tant que substance de contact, dans le processus de condensation de l'acétylène, est donc évident : les molécules d'acétylène conservent leur intégrité; malgré une forte pression et une température élevée subies dans la masse poreuse du charbon, la réaction de condensation s'effectue normalement, sans explosion et sans décomposition profonde plus ou moins appréciable.

Le poids spécifique du produit de condensation varie de 0,911 (600°) à 0,995 (660°), suivant la température.

904^g de ce produit ont donné :

	Pour 100.
20°-150°	45
150°-250°	13,9
104°-300° (13^{mm})	29,0
Le résidu	12,0

Certains produits de condensation donnaient 50 pour 100 de benzol « cru », ayant le point d'ébullition jusqu'à 150°. Le fractionnement de ce benzol a montré que 40 pour 100 distillent entre 79°-115°; la partie principale de cette fraction est composée de benzène; le toluène et le xylène s'y trouvent en faible quantité. La fraction benzolique telle quelle et n'ayant subi aucune purification, présente les propriétés suivantes : 79°-80°(738); $d(12°/5°) = 0,8857$; $n_D^{12°} = 1,504$.

Comme cette fraction n'a pas été complètement passive à l'égard du permanganate, nous l'avons traitée avec de l'acide sulfurique concentré. A la suite de cette purification, il a été obtenu du *benzène synthétique absolument pur*, distillant jusqu'à la fin à 79°,6 (747,5). Le benzène provenant d'acétylène présente les constantes que voici :

$$d^{20/4} = 0,8790; \qquad d(20°) = 0,88048;$$
$$n_C^{20} = 1,49678; \qquad n_D^{20°} = 1,50148; \qquad n_F^{20°} = 1,51350; \qquad n_g^{20} = 1,52375.$$

904g de goudron ont donné 303g,3 de benzène absolument pur; le rendement, en tenant compte des pertes au cours de la distillation, est de 35 pour 100.

Parmi les produits de condensation, il a été constaté, à l'état pur, 4 pour 100 de toluène, 0,4 pour 100 de paraxylène, du styrol, de l'indène, et après des cristallisations répétées, 6,7 pour 100 de naphtaline, 1 pour 100 de fluorène et beaucoup d'anthracène.

Nous voyons donc que le goudron acétylénique obtenu dans les conditions élaborées par nous par polymérisation de contact, renferme tous les principaux hydrocarbures aromatiques et présente qualitativement le même mélange de formes condensées, qui a été établi pour la première fois par Berthelot dans son expérience bien connue.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des environs de Sineu et du Puig de Sant Onofre (île de Majorque).* Note de M. **B. Darder Pericás**, présentée par M. Émile Haug.

La région centrale de Majorque est comprise entre la Sierra Principale, objet tout récemment d'un beau mémoire de M. Paul Fallot [1] et la Sierra

---

[1] Paul Fallot, *Étude géologique de la Sierra de Majorque* (Paris, librairie Béranger, 1922).

du Levant, étudiée par nous à diverses reprises [1]; elle se présente comme une plaine ondulée, avec un grand nombre de collines.

Si l'on fait abstraction des très intéressantes données éparses dans le travail de M. Fallot, sa tectonique reste encore presque inconnue; elle n'a été étudiée qu'au point de vue stratigraphique par H. Hermite [2] et L.-M. Vidal [3].

Une petite contrée du centre de l'île montre un intérêt tectonique particulier. C'est la région de Sineu et le Puig de Sant Onofre; il s'y trouve des marnes lignitifères attribuées à l'Éocène inférieur par Hermite, mais leur âge oligocène a été établi par la découverte presque simultanée par Vidal et par Forsyth Major [4] de restes d'*Anthracotherium magnum*. Au SE de ces couches lignitifères, le Puig de Sant Onofre présente des calcaires nummulitiques marins, qui, d'après Hermite, reposeraient en concordance sur les couches lagunaires, mais qui, d'après Vidal, formeraient le bord du lac oligocène et seraient transgressives sur le Néocomien et le Jurassique, antérieurement plissés. M. Fallot est revenu aux idées d'Hermite et a tiré d'une rapide excursion la conclusion que les couches à *Nummulites incrassatus* (Lah.) du Stampien supérieur reposent sur le Stampien inférieur lagunaire, transgressif à son tour sur le Néocomien.

L'étude vérifiée pendant cet été nous a mené à des conclusions tectoniques assez différentes de celles de tous les auteurs déjà cités et peuvent être synthétisées en disant qu'une partie des marnes considérées comme lagunaires sont en réalité du Néogène inférieur marin. Ainsi dans la tranchée du chemin de fer, à la sortie de Sineu, on peut voir des marnes sableuses qui plongent 25°N et contiennent une faune de Foraminifères, tels que Globigérines, Amphistégines, Rotalines, Textulaires, etc., dont le jeune géologue majorcain A. Crespi a entrepris l'étude. Ces marnes, que nous ne pouvons hésiter à rapporter au Miocène du faciès de la Serra

---

(1) B. Darder Péricás, *Los fenomenos de corrimiento en Felanitx* (*Tr. del Mus. Nac. de Cien. Nat.*, Serie Geol., n° 6, 1913). — *Estratigrafia de la Sierra de Levante* (Felanitx) (*Ibid.*, n° 10, 1915). — *Nota preliminar sobre la tectonica de la región de Artá* (*Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. 21, 1921).

(2) H. Hermite, *Études géologiques sur les îles Baléares* (Paris, Savy, 1879).

(3) L.-M. Vidal, *Note sur l'Oligocène de Majorque* (*B. S. G. Fr.*, 4e série, t. 5, 1905).

(4) Forsyth Major, *Exhibition of, and remarks upon some remains of Anthracotherium from Majorca* (*Proc. Zool. Soc. of London*, 1904, vol. 1).

Nort [1], supportent en discordance une nappe de calcaire fétide avec *Planorbis*. Broyée dans la zone de contact, cette nappe plonge vers le NE, comportant dans cette direction (en suivant la route de Maria) des couches lignitifères à *Anthracotherium*, surmontées de poudingues et de marnocalcaires de l'Oligocène marin, le tout diversement plissé et montrant une tête d'anticlinal couché vers le NW.

Les marnes miocènes forment toute la dépression au SE de Sineu, vers le Puig de Sant Onofre, qui ne montre pas dans ses environs de traces de marnes ou calcaires lagunaires; le Puig représente un synclinal couché vers le NW; ce synclinal à flanc normal néocomien repose sur les marnes miocènes et présente un noyau de calcaire rapporté par Fallot au Stampien supérieur. Vers la ferme de la Bastida, il montre des marnes miocènes pincées entre les deux flancs nummulitiques qui constituent le sommet du Puig. Le flanc inverse est visible du côté SE du Puig, avec du Néocomien comportant à certains endroits du Jurassique.

Un troisième élément tectonique se voit sur le flanc inverse du synclinal couché dont nous avons parlé, c'est une nappe triasique, formée de dolomies craquelées, qui reposent indistinctement sur le Néocomien ou sur le Jurassique du synclinal. Suivant la tranchée du chemin de fer, au km 48,5, on peut voir la nappe triasique et près du km 49 il y a, en contact anormal très obscur, des marnes du Jurassique moyen à *Posidonomya alpina* Gras, avec faune très abondante, recueillie par Fallot, et quelques formes d'Ammonitidés déroulés. A leur tour, ces marnes supportent en transgression, très bien visible dans la tranchée, des poudingues et des marnes néogènes du type chaîne Nord. Cette transgression semble confirmer l'existence d'un mouvement assez important prémiocène.

En résumé, la région de Sineu et Puig de Sant Onofre a l'aspect d'un pays de nappes empilées du SE vers le NW, c'est-à-dire, avec la même direction de poussée que la Sierra Principale et les montagnes d'Arta, et en direction normale à la poussée dont nous avons constaté les effets cet été, dans les montagnes de Manacor et Felanitx, sous la forme d'empilements du SW vers le NE. Le substratum visible, mais également charrié sur les nappes de la Sierra Principale, c'est le Miocène type nord de la vallée

[1] M. Fallot et moi-même avons montré l'existence de deux faciès du Miocène de Majorque; le faciès de la Chaîne nord, avec des grés et marnes à foraminifères et *Chlamys præscabriusculus* (Font.) qui doit être rapporté au Miocène inférieur, et le faciès méridional, avec mollasse calcaire d'âge vindobonien, transgressive sur les terrains charriés.

entre Sineu et le Puig; sur celui-ci repose la nappe d'Oligocène lagunaire, qui peut être rattachée au Stampien marin du synclinal couché du Sant Onofre. Le troisième élément est la nappe triasique, avec peut-être du Jurassique moyen, qui supporte le Miocène inférieur transgressif, prouvant ainsi l'existence du mouvement prémiocène.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Conditions favorables ou nuisibles à la germination des semences d'Orchidées et au développement des plantules.* Note de M. **Jules Wolff**, présentée par M. Guignard.

On sait, depuis les travaux de M. Noël Bernard, que, dans la nature, la germination des graines d'Orchidées a pour point de départ un phénomène de symbiose. Le même auteur a montré également que cette germination peut avoir lieu *in vitro* sans le concours de l'organisme qui la favorise, à la condition qu'elle se fasse dans un milieu sucré convenable.

En observant ce qui se passe dans le cas où l'on associe l'action d'un endophyte d'Orchidée à celui des semences, on est frappé par ce fait qu'en milieu pauvre le phénomène de symbiose se produit beaucoup mieux qu'en milieu riche. En effet, en milieu riche, le champignon se développe avec trop de vigueur et il devient virulent pour la graine; il finit même par la tuer. En milieu pauvre, au contraire, le champignon se développe faiblement et il apporte à la graine, en y pénétrant avec ménagement, les substances strictement nécessaires à son développement. Le milieu pauvre qui convient au phénomène de symbiose ne permet pas à la graine de germer lorsqu'elle est seule. Le milieu riche qui est défavorable au phénomène de symbiose permet au contraire à la graine de germer sans endophyte. Ces faits, qui résultent de nombreuses observations, ont une importance capitale; mais il y a encore autre chose. J'ai déjà montré [1] que l'âge des semences joue un rôle important dans le phénomène de la germination symbiotique et que, pour réussir, on a intérêt à employer des graines jeunes; mais il arrive souvent, même en semant des graines de bonne qualité sur un mycélium d'extraction toute récente, qu'on observe un commencement de germination, puis un arrêt dans le développement des semences; cela tient à une activité trop grande du mycélium, qui tue les graines après avoir coopéré à leur germination. Pour parer à cet inconvénient, nous avons,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 554.

M. Julien Potin et moi, imaginé le mode opératoire suivant : on fait germer aseptiquement des graines jeunes en milieu riche, mais sans champignons.

Pour cette germination, on emploie le milieu Burgeff, que l'on modifie en remplaçant l'amidon par 2,5 pour 100 de glucose. La germination sans champignons demande, il est vrai, un peu plus de temps que l'autre (4 à 5 semaines), mais elle a un avantage : les plantules peuvent être amenées de cette façon à un état de développement tel qu'elles sont capables de résister à un mycélium mortel pour la graine. Des expériences conduites parallèlement, sur des milieux de composition identique [1], montrent nettement que les plantules de Cattleya supportent très facilement l'action du mycélium alors que les graines jeunes, ensemencées directement sur mycélium, périssent presque toutes après avoir subi un commencement de germination. Chez les plantules repiquées sur mycélium, le phénomène de symbiose s'établit normalement ; il n'y en a que très peu qui meurent ; les autres se développent très bien et l'on obtient, au bout de 2 mois de repiquage, de petites plantes vigoureuses de 5 à 6^{mm} de haut avec feuilles et radicelles. Des plantules de même provenance, repiquées sur un milieu identique sans mycélium, se développent également bien ; elles atteignent après le même temps sensiblement les mêmes proportions que les plantes élevées sur mycélium, mais elles sont très pauvres en chlorophylle et plus chétives.

Le développement ultérieur de ces plantes élevées en série, avec et sans mycélium, offrira dans la suite un très grand intérêt. Le rôle joué par les endophytes apparaîtra ainsi nettement.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture des plantes en milieu liquide stérile*. Note de M. **J. Dauvergne** et Mlle **Weil**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Après avoir reconnu les inconvénients que présentaient les essais de culture des plantes en utilisant des sols artificiels, les physiologistes ont cherché à réaliser ces cultures dans des solutions minérales.

Parmi les travaux effectués sur ce sujet, il faut citer les belles et intéressantes recherches de M. P. Mazé [2], qui est arrivé à trouver la composition

(1) Mélange à parties égales de *Sphagnum* et de *Polypodium vulgare*. Ce compost est utilisé couramment par M. Louvet.

(2) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 18, p. 171 ; t. 25, p. 705 ; t. 27, p. 651 et 1094 ; t. 28, p. 21 ; t. 33, p. 139.

d'une solution purement minérale capable d'assurer l'évolution complète du maïs à l'abri des microbes.

Lorsque nous avons voulu répéter quelques-unes de ces expériences, nous avons été conduits à modifier la technique de la germination et de la mise en culture en employant le procédé que nous décrivons ci-après :

Une lame d'aluminium de 20^{mm} sur 200^{mm} est découpée en deux parties égales comportant chacune une extrémité carrée de 20^{mm} de côté et une portion longue ayant 10^{mm} de largeur : la partie carrée est arrondie et percée de trous; quant à la longue portion, elle est fendue dans sa longueur, une moitié repliée à angle droit servant à accrocher le support au bord du vase, l'autre moitié enroulée servant de rebord.

Lorsque ce petit appareil d'aluminium est terminé, il figure assez bien une écumoire, munie d'un rebord, fixée à angle droit sur son manche.

Le vase de culture (bocal à large ouverture) auquel est adapté le support précédent est bouché avec une bourre de coton laissant passer en son milieu un gros tube de verre de 20^{mm} de diamètre ouvert aux deux bouts, qui s'arrête à 1^{mm} ou 2^{mm} du support d'aluminium; l'extrémité supérieure de ce tube est également bouchée avec une bourre de coton.

Si l'on emploie un flacon à tubulure latérale, celle-ci pourra servir pour l'arrosage; elle sera bouchée avec une bourre et recouverte d'un capuchon de verre (gros tube, vase à précipitation); si l'on emploie un flacon ordinaire à large ouverture, on disposera auprès du tube précédent un petit tube de verre destiné à l'arrosage, bourré et capuchonné.

Le flacon est rempli de solution minérale telle que celles dont M. Mazé a donné les formules, et dont la composition varie suivant les espèces de plantes que l'on désire cultiver; on s'arrange pour que le niveau du liquide soit à 1^{cm} ou 2^{cm} en dessous du support. Après avoir soigneusement disposé un double capuchon de papier sur le goulot du vase de culture, laissant passer le gros tube en son centre, on stérilise à l'autoclave suivant les conditions habituelles.

Les expériences ont porté jusqu'ici sur des plantes ayant de grosses graines (maïs, vesce, pois, sophora, haricot, cobæa, etc.).

Lorsqu'on veut entreprendre la culture d'une plante, on stérilise la graine d'après la technique de M. Mazé (lavage à l'alcool, agitation avec du sable et de l'eau stérilisée, trempage dans la solution de bichlorure de mercure, lavage à l'eau stérile).

Avec une pince flambée, on saisit la graine, on la laisse tomber dans le tube dont on a enlevé la bourre et qu'on replace aussitôt. La graine,

reposant sur le support d'aluminium, se trouve placée dans une atmosphère humide et ne tarde pas à germer si elle est à une température convenable; sa racine peut se faire jour, soit à travers l'un des trous du support, soit entre ce dernier et le rebord; les feuilles se développent dans le tube de verre; au fur et à mesure de leur croissance, elles montent de plus en plus haut et atteignent la bourre; pour leur donner plus de place, on soulève le tube le plus possible; enfin, lorsque les feuilles n'ont plus de place, on stérilise le tube et le papier environnant constituant le capuchon externe; on retire ce dernier; on enlève rapidement le tube, que l'on remplace par une bourre de coton stérile; la tige et les feuilles sont à l'air extérieur; il ne reste plus qu'à placer le vase de culture dans l'endroit le plus propice pour la plante.

On le voit, ces opérations sont simples, rapides, et permettent d'opérer dans des conditions satisfaisantes d'asepsie, à l'abri des germes de l'air, notamment des moisissures, si redoutées dans ce genre de culture; il faut faire remarquer, en outre, que le support d'aluminium joue un rôle utile de soutien pour la plante, surtout lorsqu'il s'agit du maïs, par exemple, qui atteint de grandes dimensions.

La croissance des plantes se poursuit normalement; l'arrosage avec des solutions minérales stériles doit se faire dans des conditions parfaites d'asepsie; avec ces précautions on arrive à obtenir des pieds de maïs, de vesce, de pois bien développés, allant jusqu'à la floraison et même la fructification quand les conditions de température, d'aération et d'éclairage sont bonnes.

L'emploi du support d'aluminium avec tube de verre permet surtout la culture des plantes présentant des feuilles allongées, lancéolées, comme c'est le cas dans la famille des graminées, des cypéracées, etc.

Lorsqu'il s'agit d'autres plantes à feuilles larges, à tigelles courbées devant se redresser (haricots), on utilise toujours le support, mais non le tube qui serait trop étroit : on coiffe alors l'orifice du vase où se trouve le support avec un capuchon de verre qui y est fixé au moyen d'une bourre de coton; quand la plante s'est développée suffisamment, on enlève le capuchon et l'on place une bourre de coton stérile autour de la tige de la plante.

Nous n'insisterons pas sur les nombreux problèmes de physiologie végétale qui peuvent être étudiés avec cette technique, mais nous relaterons seulement ce que nous avons observé sur un pied de sophora cultivé d'après cette méthode.

Ce dernier, après avoir eu un développement normal, était devenu chlo-

rotique : les feuilles se décolorant peu à peu, jusqu'à être diaphanes, avaient fini par tomber; sur ces entrefaites, nous avons ajouté au liquide quelques gouttes de solution stérilisée de citrate ferrico-potassique; quelque temps après, nous remarquâmes la naissance de nouveaux bourgeons, puis l'apparition de nouvelles feuilles qui se développèrent normalement; aujourd'hui ce sophora, ayant poussé dans un petit flacon de Woolf, se présente avec une végétation normale, vigoureuse, qui ne rappelle en rien sa période momentanée de souffrance que nous avons constatée; le sel de fer, conformément à ce qui est connu de son influence sur la végétation, a provoqué une véritable résurrection.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'assimilation chez les cellules vertes et la structure du protoplasma.* Note de M. C. **Fromageot**, présentée par M. Henneguy.

Dans un travail récent [1], Wurmser et Jacquot, traitant des Ulves (*U. lactuca*) par la chaleur, ont observé une altération de la photosynthèse, altération qu'ils ont rapportée à des changements dans la viscosité des colloïdes cellulaires. J'ai essayé de provoquer, par un autre moyen que la chaleur, des modifications analogues du protoplasma. J'ai plongé des Ulves dans de la glycérine, j'ai observé les modifications de l'assimilation qui se sont produites, et les ai comparées à celles subies, dans les mêmes conditions, par la respiration.

Technique. — Des rectangles de $6^{cm},5 \times 3^{cm},5$, découpés dans des parties aussi semblables que possible de la même Ulve, sont immergés pendant 15 minutes dans des solutions de concentration déterminée de glycérine dans l'eau de mer; ces solutions ont leur P_H ramené à celui de l'eau de mer (8,2) par addition de quelques gouttes de soude $\frac{N}{10}$. Au bout de 15 minutes, les morceaux d'Ulves sont retirés des solutions glycérinées, lavés avec soin, et placés dans des flacons *ad hoc* remplis d'eau de mer normale. Le tout est alors mis soit à la lumière du jour, s'il s'agit de l'étude de l'assimilation, soit à l'obscurité absolue, si l'on veut observer la respiration. Les dégagements ou absorptions d'oxygène sont déduits de dosages faits par la méthode de Winkler.

L'intensité du dégagement de l'oxygène à la lumière, en fonction de la teneur du milieu en glycérine, est donnée dans le Tableau ci-après :

(1) Wurmser et Jacquot, *Sur la relation entre l'état physique du protoplasma et son fonctionnement* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, n° 4, t. 5, 1923).

Concentration pour 100 en glycérine.	Centimètres cubes d'oxygène dégagés par heure.				
	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.	Moyenne.
0	2,2	3,9	4,6	4,6	3,8
10	3,4	2,9	4,3	4,5	3,8
20	3,1	1,2	1,5	2,1	1,97
30	—0,1	0,3	1,6	0	0,45
40	—0,15	0	—0,37	—0,17	—0,17
50	—0,17	—0,03	—0,33	—0,44	—0,31
60	—0,18	—0,28	—0,35	—0,32	—0,28
70	—0,25	—0,44	—0,38	—0,32	—0,35
80	—0,11	—0,37	—0,39	—0,51	—0,35
90	—0,15	—0,34	—0,42	—0,29	—0,31
100	—0,13	—0,47	—0,31	—0,54	—0,36

Comparons avec ce qui se passe, dans les mêmes conditions, pour la respiration (étant donnée la faible intensité de ce phénomène, les chiffres présentés dans le Tableau suivant correspondent à une durée d'expérience de 12 heures).

Concentration pour 100 en glycérine.	Centimètres cubes d'oxygène absorbés en 12 heures.				
	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.	Moyenne.
0	1,33	2,4	2,82	1,95	2,12
10	1,6	3,3	3,75	3,1	2,94
20	2,6	3,3	3,53	3,53	3,24
30	1,53	3,2	3,53	3,2	2,86
40	0,6	0,22	2,12	1,95	1,22
50	0,4	0,4	1,95	1,52	0,89
60	0,37	0,62	2,1	1,46	1,13
70	0,51	0,47	1,95	1,32	1,06
80	0,37	0,47	2,2	1,46	1,12
90	0,62	0,55	2,1	1,26	1,13
100	0,51	0,78	2,1	1,46	1,21

De cet ensemble de résultats, nous pouvons conclure que :

1° Les courbes obtenues présentent une analogie remarquable avec celles qui résultent de l'action de la chaleur. Le maximum observé au début, dans le cas de la respiration, paraît dû, selon toute probabilité, à la combustion même de la glycérine qui a pénétré la cellule, en dose encore insuffisante pour modifier sensiblement le mécanisme physique de la respiration, seul étudié ici.

2° La photosynthèse exige une organisation beaucoup plus délicate que

la respiration. En effet, cette dernière est encore très notable après que les cellules ont été plongées dans la glycérine même pure.

3° Enfin nous retrouvons le phénomène de photo-oxydation déjà signalé par Wurmser et Jacquot : les Ulves traitées par de la glycérine à concentration supérieure à 45 pour 100 absorbent à la lumière une quantité d'oxygène presque double de celle absorbée dans les mêmes conditions à l'obscurité.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les variations du chimisme chez les plantes greffées.* Note de MM. **Lucien Daniel** et **Jean Ripert**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Poursuivant une série de recherches entreprises sur les variations du chimisme chez les plantes greffées (1), nous avons étudié cette année les greffes ordinaires de *Tanacetum boreale* sur *Chrysanthemum frutescens* et les hyperbioses de Belladone et de Tomate, cultivées comparativement avec des témoins de ces diverses espèces. Voici les principaux résultats obtenus :

1° *Olodibioses de Tanaisie et de Chrysanthème.* — Les Tanaisies, épibiotes et témoins, provenaient de drageons d'un même pied et étaient à la deuxième année de leur développement. Nous avons, le même jour, recueilli leurs parties aériennes, au moment de la complète floraison. Pour extraire l'essence, nous avons distillé par entraînement à la vapeur d'eau. L'essence a été analysée aux points de vue indiqués par le Tableau ci-dessous et l'analyse a fourni les résultats suivants :

Nature des objets.	Rendement pour 100. en essence.	Solubilité dans l'alcool à 70°.	Indice d'acidité.	Indice d'éther.	Indice de saponification.
Tanaisie témoin.......	0,32	3,5	1,87	37,33	39,20
Tanaisie greffée.......	0,46	2,2	9,3	48,53	57,86

On peut remarquer que, dans nos expériences, le rendement en essence, l'acidité libre et la teneur en éther ont augmenté. Ces faits s'expliquent assez bien par l'augmentation du pouvoir osmotique cellulaire provenant de ce que l'épibiote Tanaisie vit en milieu plus sec que le témoin par suite de la rétention de l'eau au niveau du bourrelet. Les cellules devenant plus

(1) Lucien Daniel, *Variations du parfum chez les plantes greffées* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 610).

riches en acides à la facon des plantes grasses, la pression osmotique augmente. Si l'acidité s'élève, les capacités d'éthérification en font autant.

Nous avons en outre remarqué que les essences recueillies différaient comme odeur et intensité relative de celle-ci. La Tanaisie greffée a donné une essence à parfum plus suave et plus persistant, moins âcre que celui de l'essence des témoins.

2° *Hyperbioses de Tomate et de Belladone.* — Nous avons surgreffé la Tomate et la Belladone en prenant celle-ci pour mésobiote. La recherche des alcaloïdes a été faite par les procédés habituels. Chose très remarquable : le mésobiote Belladone, nourri par la Tomate presque en totalité vu sa faible taille, ne contenait pour ainsi dire plus d'alcaloïdes. Il y en avait de faibles traces dans l'écorce, mais les libers externe et interne n'en possédaient pas. Les tissus cicatriciels des deux bourrelets, parties qui, dans les greffes ordinaires, sont très riches en alcaloïdes, en étaient elles-mêmes totalement dépourvues.

Ces résultats peuvent être le point de départ de recherches intéressantes. Ils semblent montrer que les substances plastiques élaborées par la Tomate en vue de la nutrition des parties inférieures, c'est-à-dire du mésobiote et de l'hypobiote, n'ont pas permis au mésobiote Belladone d'assimiler normalement les albuminoïdes. Sans doute certaines substances, protéiques ou autres, spécifiques à la Belladone et qui sont nécessaires à la formation de ses alcaloïdes, n'ont pu prendre naissance et c'est ainsi que s'expliquerait l'absence de ceux-ci dans les mésobiotes.

BOTANIQUE. — *Métabolisme des sucres dans la cellule et amylogénèse.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Les travaux de nombreux physiologistes (Boehm, Meyer, Laurent, etc.) ont établi que les cellules, capables de produire de l'amidon, sont susceptibles de le faire en utilisant des composés chimiques très variés : monosaccharides et disaccharides divers, glycérine, mannite, etc. On ignore totalement par quelle série de réactions s'effectue la condensation amylogène, quand la cellule part de l'une ou l'autre des substances précitées; mais, dans le cas des sucres, mes recherches antérieures sur le Haricot montrant que ces derniers agissent principalement en raison de leur pénétration, suggèrent l'hypothèse que ceux de ces composés, qui se rencontrent normalement dans la cellule, exercent une action approximativement équivalente sur les processus de condensation.

Cette constatation implique, dans la conception logique mais non démontrée, qui regarde le glucose seul comme point de départ de la condensation, que les autres sucres sont susceptibles de se transformer très rapidement en ce dernier à l'intérieur de la plante.

Il est aussi connu depuis longtemps, que le dépôt de l'amidon dans les plastes exige l'existence dans la cellule d'une certaine concentration critique de sucre. Il n'est pas permis de rapporter au glucose seul le terme « sucre » employé souvent d'ailleurs sans sens nettement défini par les divers auteurs, mais il résulte, de ce qui a été dit sur l'équivalence approximative de ces composés vis-à-vis de la condensation, que pour les cellules qui se comportent comme celles du Haricot, ce mot peut rester imprécis.

Je désignerai cette concentration critique de sucre sous le nom de *seuil de condensation amylogène*.

J'ai montré antérieurement sur le Haricot que l'inanition hydrocarbonée entraîne une dégradation du noyau (et également du cytoplasme comme je l'ai observé), aboutissant à la désorganisation et à la mort de la cellule. Si dans l'intervalle on fournit à celle-ci une quantité suffisante de sucre sous la forme de saccharose, maltose, lactose, glucose, lévulose, galactose, on détermine la régénération du noyau et du cytoplasme et le rétablissement de la vie normale. Il n'en résulte pas que tous les sucres précités soient directement assimilables; si l'on tient compte des faits connus, il est plus logique d'admettre qu'il n'en est rien et que les sucres, qui ne le sont pas, sont susceptibles de se transformer rapidement en ceux qui le sont, à mesure que ces derniers sont incorporés dans le métabolisme cellulaire. Les résultats des expériences, que je viens de rappeler, rapprochés de l'action favorable de doses même minimes de sucre sur la vitalité des cellules suggèrent nettement que, pour une cellule d'état physiologique donné, il existe un taux minimum de sucre, variable vraisemblablement avec cet état, nécessaire à la continuité d'une vie physiologique normale, le mot sucre étant, vu les considérations précédentes, employé dans le sens de sucre assimilable et pouvant, dans le cas des cellules analogues à celles du Haricot, rester imprécis à l'égard de ceux qu'elles contiennent normalement.

Quels sont les rapports entre le taux de sucre ainsi défini et le seuil de condensation amylogène? J'ai essayé de les établir, en prenant d'une part comme critérium de l'activité cellulaire les phénomènes fondamentaux d'accroissement nucléaire et cytoplasmique, et en choisissant d'autre part, comme objet d'expériences, les embryons de Haricot où le seuil de condensation amylogène se maintient particulièrement bas.

A titre d'indication générale sur ce point, je signalerai que j'ai obtenu l'apparition d'amidon dans les cellules de l'écorce et de la moelle de l'hypocotyle voisines de la section d'embryons (sans cotylédons) coupés transversalement, en disposant ces derniers sur une solution de glucose à 0,2 pour 100 ($t = 20°$) après digestion préalable de leur amidon de réserve sur l'eau pure.

En faisant germer ($t = 16 - 21°$) des embryons de Haricot sans cotylédons ou avec un ou deux cotylédons prélevés à l'état frais dans des fruits verts, j'ai pu obtenir dans plusieurs expériences des plantules, dont le développement de la partie supérieure et parfois de la totalité de l'hypocotyle ainsi que le verdissement des cotylédons s'effectuaient sans apparition de grains d'amidon composés, indice que le taux de sucre reste inférieur au seuil de condensation amylogène. La croissance des cellules de l'hypocotyle était accompagnée d'accroissement du noyau et du nucléole.

J'ai réussi à obtenir également en transportant ($t = 24°$ et $10°$) sur une solution faible de sucre des fragments d'embryons de Haricot, prélevés à un état convenable, dans des cultures sur buvard humide une croissance nucléaire précédant de 24 et même de 48 heures l'apparition de l'amidon et correspondant en conséquence à un taux de sucre inférieur au seuil de condensation.

Des observations analogues, toujours sur les mêmes cellules de l'écorce et de la moelle de l'hypocotyle peuvent être faites dans les plantules très jeunes issues de graines sèches privées d'un cotylédon ($t = 16 - 21°$), qui, dans ces conditions, présentent souvent au début de la germination une phase où les cellules de la face opposée au cotylédon subsistant, sont entièrement dépourvues d'amidon, avec des noyaux et nucléoles considérablement accrus.

En ce qui concerne le cytoplasme plastidal, j'ai observé dans les expériences précitées de germination de graines prélevées dans des fruits verts, que de nombreux plastes amylifères des cellules des cotylédons et du sommet de l'hypocotyle se transforment en plastes chlorophylliens par digestion de l'amidon et accroissement simultané de leur stroma qui forme parfois une calotte latérale assez épaisse.

L'accroissement du cytoplasme non plastidal, à une concentration de sucre inférieure au seuil de condensation, est aussi facile à observer dans les cellules sans amidon sus-indiquées des plantules issues de graines sèches germant avec un seul cotylédon, ou dans les cellules du sommet de l'hypocotyle des plantules issues des jeunes graines précitées.

En résumé, il ressort de ces expériences, que même dans les cellules où l'amylogénèse n'exige qu'une très faible concentration de sucre, les phénomènes essentiels du métabolisme cellulaire qui assurent la continuité de la vie et l'accroissement de la matière vivante peuvent s'effectuer à des concentrations encore plus basses.

Cette constatation que les fonctions indispensables de nutrition sont assurées par le sucre de la cellule avant celle de mise en réserve ne préjuge rien d'ailleurs relativement au taux de sucre le plus favorable à leur accomplissement.

ÉCONOMIE RURALE. — *Contribution à l'étude des conditions édaphiques des associations pastorales dans le massif du Mont-Dore.* Note [1] de MM. **Chavastelon** et **Luquet.**

La zone sylvatique moyenne et supérieure du massif montdorien (700^m à 1600^m) a été profondément transformée par l'homme. Le montagnard, reléguant les forêts sur les versants abrupts, a orienté l'économie de cette région vers un but presque exclusif : la production de l'herbe. Dans les vallées sont établies les prairies fauchées, irriguées et amendées où domine l'*Agrostis vulgaris*.

La surface des coulées volcaniques offre des associations végétales complexes tendant toutes à la reconstitution de l'association climatique normale : la hêtraie, ou la forêt à *Abies pectinata*. Les landes à *Calluna vulgaris* ou à *Vaccinium* dominent. Par endroits, des peuplements de *Sarothamnus scoparius*, de *Juniperus nana*, de *Genista* (*Genista pilosa*, *G. sagittalis*, *G. purgans*, *G. tinctoria*) recouvrent le sol. Le *Nardus stricta* forme parfois de maigres pelouses, surtout dans les combes, où séjournent longtemps les neiges. Dans de meilleurs pacages dominent le *Deschampsia flexuosa* et l'*Agrostis* (*A. alba*, *A. rupestris*). Nous trouvons de tels peuplements jusque sur les crêtes battues par les vents du Massif de l'Angle, du Cliergue, et même au sommet du puy Ferrand à 1846^m.

Mais c'est surtout l'action de l homme qui crée dans ces landes des pâturages florissants. Durant l'estivage, le bétail est enfermé la nuit dans un parc à claies mobiles qui est déplacé tous les deux ou trois jours. Les déjections ainsi accumulées amènent la disparition à peu près complète des

(1) Séance du 22 octobre 1923.

Analyses des terrains volcaniques. Résultats rapportés à 1000g de terre entière.

Numéro d'ordre.	Matière organique.	Cailloux siliceux.	Cailloux calcaire.	Gravier siliceux.	Gravier calcaire.	Terre fine.	Azote.	Acide phosphorique total.	Acide phosphorique assimilable (1).	Potasse totale.	Potasse assimilable (1).	Chaux CO^3Ca.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Alumine.	Manganèse.
87.	2,3	12,0	0,0	58	0,0	930	13,20	4,6	D : 0,52 S : 0,02	1,3	D : 0,17 S : 0,14	0,0	0,2	28,0	67,60	0,30
88.	3,2	32,0	0,0	27	0,0	970	13,9	4,6	D : 0,60 S : 0,07	1,1	D : 0,17 S : 0,29	0,0	0,3	23,6	52,1	0,19
89.	2,1	76,0	0,0	89	0,0	835	11,80	5,40	D : 0,75 S : 0,06	0,9	D : 0,18 S : 0,23	0,0	0,17	29,90	63,40	0,40
90.	0,0	82	0,0	98	0,0	820	1,90	3,1	D : 0,90 S : 0,20	2,00	D : 0,19 S : 0,68	0,0	0,20	30,70	61,50	0,60
91.	4,5	35,5	0,0	123	0,0	840	2,40	4,35	D : 0,185 S : 0,46	2,55	D : 0,15 S : 0,47	5,5	0,0	34,00	57,10	0,31
92.	2,0	309	0,0	69	0,0	620	6,80	3,58	D : 0,53 S : 0,03	1,18	D : 0,06 S : 0,24	0,30	0,0	28,20	61,30	0,53
93.	3,0	137	0,0	64	0,0	796	8,10	4,95	D : 0,39 S : 0,31	1,60	D : 0,08 S : 0,31	0,40	0,0	39,25	77,10	0,64
94.	1,7	93,30	0,0	65	0,0	840	6,80	8,40	D : 0,82 S : 0,12	2,10	D : 0,06 S : 0,31	2,7	0,0	37,10	85,10	1,10
95.	1,7	80,0	0,0	190	0,0	730	3,90	3,80	D : 0,47 S : 0,01	1,20	D : 0,05 S : 0,27	4,7	3,9	36,20	92,4	0,36
96.	1,8	30,0	0,0	210	0,0	760	6,20	3,5	D : 0,57 S : 0,03	1,70	D : 0,05 S : 0,26	4,8	2,9	25,00	65,20	0,30
97.	0,8	30,0	0,0	255	0,0	715	3,20	4,20	D : 0,45 S : 0,20	1,70	D : 0,13 S : 0,32	6,7	0,6	41,7	86,30	0,35
Terrain granitique (Commune de Briffons).																
98.	0,0	190	0,0	196,0	0,0	614	2,30	2,00	D : 0,19 S : 0,006	3,90	D : 0,05 S : 0,22	0,60	0,0	33,40	57,2	0,24

Numéros du plan cadastral; feuilles de la Carte. — N° 87 : Lande à vaccinium; section A, Gàcherie, 1re feuille n° 6. — N° 88 : Lande à nardus, un peu de vaccinium et *genista pilosa*; même localité qu'au n° 87. — N° 89 : Pâturage à Agrostis parqué; section A, Gàcherie, 1re feuille n° 3. Paillère basse. — N° 90 : Prairie à Agrostis fumée et fauchée (M. Rosier); section B du Quaire, n° 183, 1re feuille. — N° 91 : Prairie à Agrostis fumée et fauchée (M. Rosier); section B du Quaire, n° 285, 1re feuille. — N° 92 : Lande à Calluna, Besse; section F, 1re feuille n° 21. — Pâturage à Agrostis parqué, Besse; section E, 3e feuille n° 221. — N° 94 : Prairie à Agrostis fauchée et fumée, Besse; section E, 4e feuille, n° 250. — N° 95 : Lande à Calluna; section B dite de Cureyre, n° 171. — N° 96 : Pâturage à Agrostis parqué; section D dite de Cureyre, n° 158. — N° 97 : Prairie fauchée et fumée à Agrostis; section C, 3e feuille, n° 437. — N° 98 : Prairie à Agrostis fauchée et fumée: section A, 1re feuille, n° 419.

(1) D : Dyer; S : Sigmond.

plantes ligneuses (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium*, *Genista*, etc.) et des espèces à valeur fourragère médiocre telles que les *luzules*, les *Carex*, le *Nardus stricta*, le *Juncus squarrosus*. L'année suivante, le bétail évite ces places fraîchement fumées, et les graminées, les papilionacées poussant drues, peuvent fructifier et former un riche tapis végétal dont la flore est analogue à celle des prairies fauchées des vallées.

Quelles sont les modifications chimiques du sol provoquant cette transformation de la flore? Comment s'explique la luxuriance de ces pelouses parquées de nos montagnes volcaniques?

Afin d'étudier les conditions agrologiques des principales associations végétales, nous avons prélevé trois séries d'échantillons de terre dans la région volcanique : la première série à la Banne-d'Ordanche, montagne exploitée encore d'une manière très primitive, malgré son admirable situation; la deuxième série sur les pentes du Sancy, au-dessus de Besse; la troisième série dans la région de Compains, dont les gras pâturages annoncent déjà le Cantal. Chaque série comprend une lande à bruyères ou à myrtilles représentant le terme initial, un pâturage parqué à *Agrostis alba*, terme final, et une prairie fauchée et fumée.

La quatrième série (Briffons), prélevée sur un sol granitique, sert de terme de comparaison.

Les analyses qui prêtent à des observations générales intéressantes ne font ressortir aucune différence sensible entre les landes, les pâturages parqués, les prairies fumées et fauchées; et cependant les variations de flore et de rendement ne sont pas négligeables.

L'interprétation des résultats serait, selon nous, la suivante : Dans le parcage, comme dans la fumure, il y a apport d'éléments fertilisants directement assimilables; parmi lesquels l'ammoniaque jouant, en outre, un rôle neutralisant de l'acidité naturelle du sol.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Composition des graines et rendement énergétique dans la germination*. Note de MM. **Émile-F. Terroine**, **R. Bonnet** et **P.-H. Joëssel**, présentée par M. Guignard.

Nos recherches antérieures sur l'influence de la température sur le rendement énergétique de la germination ([1]) avaient été effectuées sur deux

([1]) *Comptes rendus*, t. 167, 1923, p. 212.

graines : l'arachide et la lentille. En dehors des phénomènes cherchés, elles nous avaient permis de constater que le rendement énergétique brut de la germination était très sensiblement plus élevé dans le cas de la lentille (63 pour 100) que dans celui de l'arachide (53 pour 100). Or, si la teneur en matières protéiques des deux graines est à peu près identique, par contre l'une renferme des quantités abondantes de matières grasses alors que l'autre contient surtout des hydrates de carbone. La valeur du rendement énergétique est-elle entièrement indépendante de l'espèce et varie-t-elle uniquement avec la composition de la graine, avec la nature des réserves utilisées pour l'édification de la plantule? Telle était la question que nos constatations initiales nous imposaient d'examiner.

Pour le faire, nous nous sommes adressés à des graines de composition aussi voisines que possible de celles précédemment étudiées, sans nous soucier de leur place dans la classification botanique : c'est ainsi qu'à côté de l'arachide nous avons pris le lin; à côté de la lentille, le pois. D'autre part, il nous a paru très important de rechercher si l'on ne constaterait pas un rendement plus élevé encore que celui de la lentille en s'adressant à une graine à teneur plus faible en protéique et sensiblement plus élevée en hydrates de carbone; le sorgho nous a servi à examiner ce second point.

Chez toutes ces graines, nous avons étudié le rendement énergétique brut de germinations effectuées aseptiquement, sans aucun apport extérieur d'énergie ou de matière, sur eau distillée et à l'abri de la lumière.

Rappelons que le rendement énergétique brut (R.E.B.) s'exprime par le rapport ci-dessous, dont les données expérimentales sont déterminées par combustion à la bombe :

$$\text{R.E.B.} = \frac{\text{Énergie emmagasinée dans la plantule}}{\left\{\begin{array}{l}\text{Energie contenue dans la graine avant la germination}\\ -\text{ Énergie contenue dans la graine au moment de la récolte de la plantule}\end{array}\right\}}$$

Les résultats observés réunis dans le Tableau ci-dessous sont remarquablement démonstratifs :

Nature de la graine.	Composition des matières organiques de la graine. Protéiques.	Extractifs non azotés.	Graisses.	Nombre de déterminations.	Rendement énergétique pour 100. Valeur moyenne.	Valeurs extrêmes.
Sorgho.....	7,75	73,06	2,37	5	74,18	73,49 à 74,76
Lentille....	26,43	54,08	2,28	12	62,68	60,86 à 65,00
Pois.......	25,09	49,04	1,23	5	61,99	61,00 à 63,82
Arachide...	26,32	14,09	50,22	14	53,71	50,80 à 56,90
Lin........	23,09	21,79	35,90	5	52,17	50,89 à 53,00

Le rendement énergétique très élevé chez le Sorgho, plus faible chez la Lentille et le Pois, mais identique chez ces deux graines ayant même com-

position, plus faible encore, mais également identique chez l'Arachide et le Lin, dont la composition est voisine, dépend non de l'espèce, mais de la constitution des réserves de la graine.

De tels résultats peuvent peut-être nous permettre en outre de comprendre le mécanisme d'un phénomène de nutrition animale qui, de prime abord, peut paraître très éloigné : l'*action dynamique spécifique*. On sait depuis Rubner que, si, chez un homéotherme au point de neutralité thermique, on essaye de couvrir les dépenses énergétiques avec des protéiques, des graisses ou des hydrates de carbone, cette couverture ne peut se faire sans dépense supplémentaire d'énergie sous forme de chaleur que dans le cas d'administration des hydrates de carbone. Le même fait s'observe chez les poïkilothermes (Weiss). L'explication de ce phénomène reste très discutée (travaux de Graham Lusk). Pour Rubner, il est dû au double fait que : 1° la cellule ne peut consommer que du glucose; 2° les réactions de transformation des protéiques et des graisses en glucose sont accompagnées par une perte de chaleur dont ne peut bénéficier un organisme qui ne règle pas sa température.

La première partie de cette explication (transformation préalable nécessaire des aliments ou des réserves en glucose) ne peut être vérifiée que chez l'animal. Par contre, si la seconde partie est exacte, partout où nous trouverons chez des êtres vivants n'ayant pas besoin de chaleur pour régler leur température, une transformation certaine de graisses ou de protéiques en hydrates de carbone, nous devrons constater simultanément une perte d'énergie.

Or, la germination est précisément une transformation de cette nature, la plantule étant essentiellement constituée par de la cellulose. Et nous voyons en effet que si l'on part des hydrates de carbone (Sorgho) le rendement est très élevé, il atteindrait sans doute un taux très voisin de l'unité si l'on pouvait calculer le rendement net. Ce rendement s'abaisse considérablement, de 74 à 63 pour 100 lorsque 20 pour 100 environ des hydrates de carbone de la graine sont remplacés par des protéiques (pois et lentille); il s'abaisse davantage encore lorsque les réserves de la graine sont en majorité constituées par des protéiques et des graisses (arachide et lin).

Ainsi l'*action dynamique spécifique*, loin d'être un phénomène limité, ne serait qu'un cas particulier d'une loi de Physiologie générale : elle exprimerait uniquement le rendement énergétique des réactions de transformation des protéiques et des graisses en hydrates de carbone.

Des expériences actuellement en cours, dans lesquelles nous nous effor-

çons de faire développer soit des moisissures, soit des plantules isolées sur un unique aliment organique (sucre, albumine ou graisse) viendront montrer si notre manière de voir est exacte et si la perte d'énergie observée est bien de même grandeur que celle constatée lors de l'alimentation de l'homéotherme à l'état de neutralité thermique.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la nature et de la quantité des glucides présents dans une ration privée de facteur B sur la précocité de l'apparition des accidents de la polynévrite aviaire.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **H. Simonnet**, présentée par M. E. Leclainche.

Braddon et Cooper (*Journ. of Hyg.*, 1914, v. 14, p. 331), puis Funk (*Zeits. f. physiol. Chem.*, 1914, v. 89, p. 378) ont constaté que les Pigeons nourris de *riz poli* présentent d'autant plus rapidement des crises de polynévrite que la quantité de riz consommée est plus importante; et Funk, en faisant prédominer tantôt l'un, tantôt l'autre des constituants d'un régime artificiel (sans facteur B), a observé que les accidents se produisaient avec le maximum de rapidité lorsque les glucides entraient en forte proportion (72 pour 100) dans la ration, laquelle n'était que de 12g,50 par jour.

Au cours de nos recherches, faites en utilisant des régimes définis, complets, aussi équilibrés que possible, nous avons de même constaté — chacun de notre côté — de fréquentes irrégularités; mais, tandis que l'un de nous, en employant une ration quotidienne théoriquement suffisante au point de vue énergétique, n'arrivait pas à maintenir le poids de ses Pigeons carencés, l'autre, avec des rations beaucoup plus fortes, réussissait à éviter l'amaigrissement précédant les crises. C'est afin de trouver la raison de ces contradictions que nous avons entrepris de nouvelles recherches.

Partant du fait signalé par Magne et Simonnet (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, t. 4, 1922, p. 419) que l'utilisation des glucides, au cours de l'avitaminose B, est très imparfaite (Q. R = 0,70), nous avons constaté, par l'examen microscopique et l'analyse chimique des excréments, que ceux-ci renferment une quantité considérable de fécule non digérée. Il s'ensuit que nos *régimes artificiels*, complets et *théoriquement* bien équilibrés, deviennent *pratiquement* mal équilibrés et, de plus, insuffisants au point de vue énergétique (sauf dans le cas où la ration est particulièrement surabondante). Notre attention dès lors fixée sur ce point, nous avons poursuivi nos recherches en utilisant le *régime artificiel* suivant (théoriquement équilibré), *privé uniquement de facteur B.*

Muscle (7,5), caséine (8,5), privés de facteur B..................	16
Graisse de beurre..	4
Fécule de pommes de terre....................................	66
Agar-agar (8), papier filtre (2)................................	10
Mélange de sels (« artificial protein free milk » d'Osborne et Mendel).	4

1° Nous avons fait absorber aux Pigeons, par gavage, une quantité journalière de cette ration telle que les protides et les lipides y existent en quantité suffisante pour couvrir *à eux seuls* les besoins énergétiques, en admettant qu'une petite proportion de glucides seulement se trouve assimilée.

2° Partant de cette ration quotidienne, *en apparence surabondante*, nous avons eu l'idée de substituer à la fécule un poids égal d'autres glucides de moindre complexité : fécule cuite, dextrine, glucose, etc., puis de réduire peu à peu la *ration journalière totale* jusqu'à la rapprocher de la quantité théoriquement suffisante au point de vue énergétique.

Résultats généraux. — 1° Les 12 Pigeons qui ont reçu chaque jour 50^g *de fécule*, soit 75^g de nourriture totale (quantité énorme) *n'ont pas diminué de poids* et *les accidents de la polynévrite ne se sont manifestés chez eux qu'au bout d'un temps extrêmement long :* dans l'exemple choisi, 3 mois et demi ! (1re courbe du graphique).

2° Avec 20^g *de fécule* par jour (30^g de ration totale), on observe une *baisse lente du poids* et les accidents se produisent vers la fin du deuxième mois (2e et 3e courbes).

3° Lorsqu'on remplace, dans le régime, la fécule par un même poids de *dextrine*, il est impossible de faire digérer aux Pigeons l'énorme dose de 75^g de nourriture (renfermant 50^g de dextrine). Il faut diminuer fortement la ration. En donnant 20^g *de dextrine* par jour, soit 30^g d'aliments (valeur énergétique largement suffisante), on observe nettement :

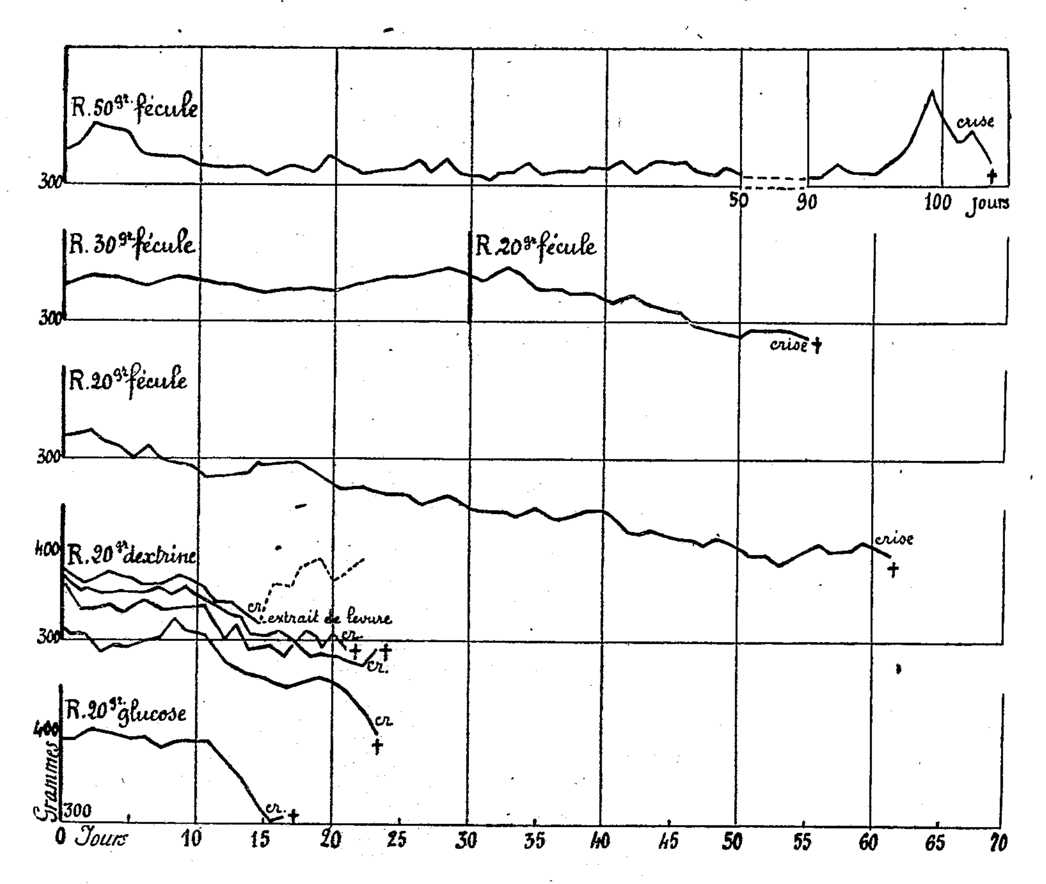
a. Que *le poids baisse notablement* au bout d'une dizaine de jours;

b. Que *les accidents de la polynévrite se produisent très rapidement et d'une manière constante :* au bout de 20 jours en moyenne ($\pm$ 5 jours).

4° Avec le *glucose*, les résultats sont les mêmes qu'avec la dextrine.

Interprétation. — Lorsque les Pigeons reçoivent chaque jour les 75^g de nourriture contenant 50^g de fécule, ils vivent principalement aux dépens des 15^g de lipides et de protides que renferme alors leur ration; la fécule n'étant que peu utilisée, l'apparition des accidents se trouverait de ce fait singulièrement retardée. Lorsque l'amidon cru est remplacé par la dextrine ou le glucose, la meilleure assimilation de ces glucides se manifeste par un besoin moindre de nourriture, mais détermine en revanche l'apparition extrêmement rapide de la crise précédant la mort.

Et nous pouvons expliquer ainsi les différences de nos résultats isolés : l'emploi du régime artificiel à base de *fécule crue* (*Bull. Soc. scientif. Hyg. alim.*, t. IX, 1921, p. 74) permet d'obtenir des courbes analogues à la première courbe du graphique ci-dessous; avec l'autre régime sans facteur B,



qui contenait 54 pour 100 d'*amidon légèrement cuit* et 4 pour 100 de *sucre* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1250), les courbes de poids se trouvent exactement intermédiaires entre la troisième courbe et les cinq dernières courbes ci-dessus. Enfin il est probable que les accidents signalés par A. Lumière (*Bull. Acad. Méd.*, 30 nov. 1920, p. 274), *malgré* l'addition de levure, étaient en relation avec la présence dans son régime (très insuffisant d'ailleurs) d'un *excès* de glucides : 86 pour 100, dont le tiers sous forme de glucose!

Conclusions. — 1° Pour constituer un régime artificiel en vue de l'étude physiopathologique d'une maladie par carence, on doit avant tout tenir

compte de l'*utilisation digestive* de chacun des principes alimentaires qui le composent. Dans le cas de l'avitaminose B, on voit que c'est bien l'utilisation digestive — différente selon *la nature des glucides* — qui conditionne l'évolution des accidents.

2° Ces recherches tendent en outre à donner une base expérimentale à cette notion que la grandeur du besoin en facteur B n'est pas absolue, fixe, dépendant de l'animal lui-même, mais qu'elle est *relative* et en rapport direct avec le degré d'utilisation d'un ou de plusieurs éléments d'une ration, en particulier avec *la quantité des sucres assimilés*.

BIOLOGIE. — *Sur la biologie de deux Hyménoptères parasites de la Pyrale de la vigne*. Note de M. **Paul Voukassovitch**, présentée par M. Henneguy.

Au cours des étés 1922 et 1923, en étudiant les parasites des chenilles de la Pyrale de la vigne dans la région de Carbonne (Haute-Garonne) envahie par cet insecte depuis une douzaine d'années, j'ai constaté parmi eux la présence de plusieurs Hyménoptères, dont deux espèces semblent n'avoir jamais été signalées jusqu'ici comme parasitant la Pyrale. Ce sont *Goniozus claripennis* (Först), du groupe des Proctotrypides, et *Angitia fenestralis* (Holmgr.) du groupe des Ichneumonides (détermination de M. le Dr Ferrière).

La première espèce est très voisine de *Goniozus Audouini* (Westw.), déjà signalée par Audouin, mais elle s'en distingue de suite par sa taille plus petite et par la structure de son corps qui est légèrement rugueux, pointillé, tandis qu'il est tout à fait lisse chez le *Goniozus Audouini*.

La deuxième espèce, *Angitia fenestralis*, a été signalée comme parasite de la Cochylis en Russie, mais je n'ai pu la trouver sur aucune liste de parasites de la Pyrale, en France.

Goniozus claripennis semble jouer un rôle plus important dans la destruction des chenilles de Pyrale. Dans mes observations faites en 1923, j'ai constaté que, sur plusieurs centaines de chenilles de Pyrale recueillies aux divers stades de la vie larvaire, il y eut environ 5 pour 100 de larves parasitées par *Goniozus claripennis* et 1 pour 100 par *Angitia fenestralis*.

Je n'ai pu obtenir cette dernière espèce que de chenilles au-dessous de 12 à 13^{mm} environ de longueur, et les essais faits au laboratoire pour la mul-

tiplier sont toujours restés infructeux. Les femelles s'accouplèrent à plusieurs reprises en peu de temps, ce qui est rare chez les Ichneumonides (les mâles au contraire s'accouplent plusieurs fois), mais jamais aucune chenille mise en leur présence ne fut parasitée.

Par contre, *Goniozus claripennis* s'attaque aux chenilles de toutes les grosseurs, aussi bien très jeunes, que déjà parvenues à la taille définitive. L'élevage artificiel de cette espèce ne présente aucune difficulté particulière. La femelle, pour pondre, pénètre peu à peu, très lentement, dans le fourreau de la chenille de Pyrale, et, une fois à l'intérieur, saute brusquement sur elle, s'y agrippe et lui enfonce son court stylet terminal dans le corps (1). Presque aussitôt, la chenille est insensibilisée et reste immobile durant 2 à 3 heures, après lesquelles elle se réveille assez brusquement, se file un nouveau fourreau et continue à manger jusqu'à l'éclosion des œufs déposés à la surface de son corps. La ponte est toujours précédée par un acte de nutrition, l'Hyménoptère aspirant longtemps le liquide s'écoulant de la blessure de la chenille. Il retire parfois celle-ci complètement de son fourreau en se servant de ses mandibules, et la dispose pour pouvoir pondre à son aise. Le nombre d'œufs pondus sur une chenille varie de 1 à 8. Tous sont profondément incrustés dans la peau de la chenille, sur la surface dorsale, souvent placés symétriquement, deux par deux, par anneau. Les pontes se suivent d'un jour à l'autre, pendant longtemps : une femelle a ainsi pondu 77 œufs en 1 mois. J'ai toujours vu les œufs pondus par les femelles tenues isolées des mâles être féconds et produire uniquement des mâles. Les larves, après leur sortie des œufs, restent fixées à l'endroit même où l'œuf avait été déposé. L'extrémité antérieure de leur corps est terminée par un suçoir qui reste enfoncé dans le corps de la chenille. En absorbant ainsi les humeurs de celle-ci, la larve grossit très vite. La croissance larvaire se produit en présentant les mêmes particularités qu'Audouin a décrites chez *Goniozus Audouini* (2). L'absorption de la nourriture est terminée après trois jours environ, puis les larves abandonnent la chenille, se tissent un cocon et se transforment en nymphes vers le 13e jour qui suit la naissance. L'éclosion de l'insecte parfait a lieu vers le 19e jour. Dans les produits d'une ponte provenant d'une femelle fécondée, les mâles

---

(1) M. Delmas a aussi vu l'insecte s'attaquer brusquement à une grosse chenille sortie de son fourreau, la maîtriser et la piquer.

(2) Audouin, *Histoire des insectes nuisibles à la vigne, et en particulier de la Pyrale de la vigne* (Paris, 1842).

éclosent toujours plusieurs heures avant les femelles, pénètrent dans les cocons de celles-ci, lorsqu'elles se sont débarrassées de la mue nymphale et les fécondent.

Il semble que les femelles acceptent plusieurs fois les mâles. Je n'ai jamais pu observer l'accouplement en dehors du cocon.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la caractérisation biochimique du galactose dans un mélange renfermant galactose et arabinose.* Note de MM. **Marc Bridel** et **Jean Charpentier**, présentée par M. L. Guignard.

Bourquelot et Bridel ont eu, les premiers, en 1920, l'idée de caractériser un sucre réducteur par un procédé biochimique [1]. Leur procédé s'applique au glucose et utilise la réaction synthétisante qu'exerce l'émulsine des amandes sur ce sucre en solution alcoolique.

Mais l'émulsine des amandes peut exercer aussi son action synthétisante sur le galactose. Il nous a semblé que l'on pourrait mettre à profit cette action pour caractériser le galactose dans un mélange de produits réducteurs. Il n'existe pas, en effet, de réaction chimique absolument spécifique de ce sucre : la dulcite et l'acide galacturonique donnent de l'acide mucique, tout comme le galactose, quand on les oxyde par l'acide azotique dilué et l'on sait, depuis les travaux d'Ehrlich en 1917 [2], que l'acide galacturonique se rencontre dans les produits d'hydrolyse des pectines. La formation d'acide mucique par oxydation des pectines par l'acide azotique ne prouvait donc pas que les pectines renfermaient du galactose.

Pour ne pas compliquer le problème que nous voulions résoudre, nous avons limité nos expériences aux mélanges de galactose et d'arabinose, mélanges que l'on peut rencontrer dans les produits d'hydrolyse d'un certain nombre de composés naturels, gommes, pectines, etc.

Nous avons employé l'alcool éthylique à 70° dans lequel l'émulsine exerce facilement son action synthétisante sur le galactose et dont le galactoside β est un produit bien cristallisé et de propriétés connues.

Nous avons d'abord effectué deux expériences sur les sucres purs :

---

[1] *Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux par un procédé biochimique nouveau* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 631).

[2] *Apoth. Zeit.*, 1917.

	Solution I.	Solution II.
Galactose pur....................	1g	1g
Arabinose pur..................	»	1g
Alcool à 70c........... q. s. p.	100cm³	100cm³

On a ajouté, dans chaque solution, 1g d'émulsine et l'on a mis les flacons à l'étuve à + 37°. On a suivi la marche de la réaction en dosant le sucre réducteur à intervalles réguliers. On a renouvelé le ferment le quinzième, le trentième et le cinquantième jour de l'expérience. En 71 jours, l'émulsine a combiné 0g,511 de sucre réducteur dans la solution I et 0g,553 dans la solution II. Ces deux chiffres sont assez rapprochés pour que l'on puisse envisager comme possible la caractérisation du galactose par l'émulsine, en présence d'arabinose.

Dans une autre série d'expériences, on a fait agir l'émulsine sur deux autres solutions dans l'alcool à 70c, dont l'une (solution III) renfermait, pour 100cm³, 1g de galactose et 5g d'arabinose et dont l'autre (solution IV) renfermait, pour 100cm³, 2g d'arabinose et pas de galactose. On a renouvelé le ferment tous les dix jours, si bien qu'en quatre mois, on a fait agir, par fractions de 0g,50, 6g d'émulsine dans chaque solution.

On a constaté qu'en quatre mois il y avait eu, dans la solution III, une diminution de 1g,510 de sucre réducteur, alors que cette solution ne renfermait que 1g de galactose. Dans le même temps, la proportion d'arabinose avait diminué, dans la solution IV, de 0g,515. Il ne peut y avoir de doute à cet égard : sous l'action de l'émulsine, il a disparu une assez forte proportion de l'arabinose en solution, qui a dû se combiner à l'alcool. Mais cette combinaison est très lente; elle exige en outre, pour être mise en évidence, l'emploi d'une quantité considérable de ferment, ce qui explique pourquoi elle avait passé inaperçue jusqu'ici.

Cette combinaison, ne se faisant que dans des conditions spéciales, ne peut pas gêner la caractérisation du galactose mélangé à l'arabinose : il suffira de ne pas faire traîner les essais en longueur et, surtout, de ne pas renouveler le ferment trop souvent.

Afin de voir si notre procédé était d'une application facile, nous avons opéré sur les produits de l'hydrolyse acide de la gomme arabique qui contiennent, comme on le sait, du galactose et de l'arabinose.

Dans une solution de ces produits, dans l'alcool à 70c, l'émulsine a fait

passer, en trois mois, la quantité de sucre réducteur de $4^g,610$ à $3^g,621$ pour 100^{cm^3}, soit une diminution de $0^g,989$. Cette diminution du pouvoir réducteur ne peut être qu'une indication de la présence du galactose dans le mélange et, pour affirmer cette présence, il faut, nécessairement, obtenir à l'état cristallisé le produit de la réaction, l'éthylgalactoside β. Pour cela, il a fallu éliminer les sucres réducteurs au moyen de l'acide cyanhydrique en présence de traces d'ammoniaque et précipiter par l'extrait de Saturne les acides qui s'étaient formés. Nous avons suivi le procédé décrit par l'un de nous [1].

L'éthylgalactoside β, obtenu à l'état cristallisé, possédait un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = -4°,40$ ($p = 0,2270$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -12'$). Il fondrait au bloc Maquenne à $+159°$-$160°$ et il était hydrolysé par l'acide sulfurique à 3 pour 100 à chaud en donnant un sucre réducteur fortement dextrogyre.

Ainsi la caractérisation biochimique du galactose en présence d'arabinose est possible en opérant en solution dans l'alcool à 70°. L'extraction à l'état cristallisé du produit de la réaction, l'éthylgalactoside β, apporte la preuve irréfutable de la présence du galactose dans le liquide en expérience.

Grâce à ce procédé, on a maintenant une réaction spécifique du galactose que l'on pourra mettre à profit pour la caractérisation de ce sucre dans les mélanges où l'on ne pouvait jusqu'ici que soupçonner sa présence.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un Infusoire cilié homocaryote à vie libre. Son importance taxonomique.* Note [2] de M. **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Tous les infusoires étudiés jusqu'à ce jour (sauf quelques types parasites, Opalines, *Fœttingeria*, etc.) ont montré un appareil nucléaire constitué par un macronucléus et un micronucléus différenciés morphologiquement

---

(1) J. Charpentier, *Sur l'extraction de l'éthylgalactoside β en présence de fortes proportions de sucres réducteurs* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 27, 1923, p. 368).

(2) Séance du 29 octobre 1923.

et physiologiquement, l'un assurant les fonctions de nutrition, l'autre jouant surtout un rôle important dans les phénomènes de la sexualité.

Nous avons observé, à Roscoff et à Banyuls, un infusoire marin à vie libre dont le noyau est foncièrement différent de celui des autres ciliés. Cet infusoire appartient au genre *Stephanopogon*.

Stephanopogon Colpoda Entz 1884 se présente comme un ovoïde aplati sur lequel s'insère asymétriquement un col terminé par la fente buccale. La bouche, fermée dans l'intervalle des ingestions, est entourée de quatre membranelles ondulantes terminées en pointe et donne accès dans un pharynx garni de trichites. Les deux faces portent des stries ciliaires, mais la face ventrale seule est ciliée. L'infusoire rampe ou nage. Plusieurs caractères différencient notre *Stephanopogon* de *St. Colpoda* : prolongement sur le col, jusqu'à la bouche, des stries ciliaires de la face ventrale, obliquité particulière des stries du système dorsal, forme plus arrondie des membranelles adorales; nous l'appellerons *Stephanopogon Mesnili*.

La multiplication des *S. Mesnili* a lieu sous un kyste. Les individus sortant du kyste présentent tous deux noyaux ([1]). Mais ce ne sont pas un macronucléus et un micronucléus. Ce sont deux noyaux identiques, sphériques, à gros caryosome, sans chromatine périphérique colorable, en un mot des protocaryons ([2]).

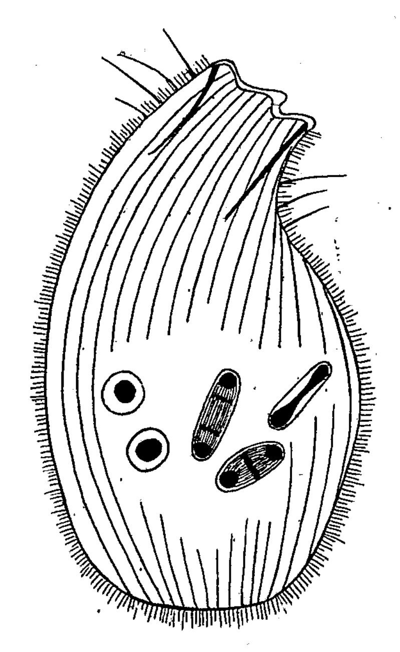
La division nucléaire est une promitose typique (les figures sont particulièrement nettes en raison de la taille relativement grande des noyaux) : allongement du caryosome, suivi de son étranglement; formation d'un fuseau achromatique sur lequel apparaît une plaque équatoriale oxychromatique qui se scinde en deux plaques filles; étirement de la partie intercalaire du fuseau suivi de son étranglement et de la séparation, puis de la reconstitution des noyaux fils. (Remarquons qu'il y a chez *St. Mesnili*, comme chez *Amœba diplomitotica*, deux variétés de promitose qui seront étudiées dans un Mémoire détaillé.)

L'infusoire se nourrit de diatomées, cryptomonadines, etc. Pendant que

([1]) Entz n'ayant pas eu de réparations colorées de *S. Colpoda* n'a pu voir avec certitude son appareil nucléaire.

([2]) Le caryosome montre, comme chez beaucoup de protistes, des remaniements cycliques. A certains stades, la chromatine se présente en coupe optique sous forme d'un anneau, et l'on aperçoit, dans l'espace clair central, un grain coloré, probablement un centriole. Mais n'ayant pu voir de centrodesmose à la division, nous ne pouvons affirmer sa nature centrosomienne.

sa taille augmente, les noyaux se divisent un certain nombre de fois (voir la figure).



Stephanopogon Mesnili n. sp. × 1600.

Lorsque la croissance est achevée, l'infusoire s'enkyste (enveloppe mince, diamètre 40 à 55$^{\mu}$) et bourgeonne aux dépens d'une moitié longitudinale de la face dorsale des individus-fils (une dizaine environ). Nous n'avons pu voir s'ils ont, dès le bourgeonnement, deux noyaux, ou bien si ces deux noyaux proviennent de la division d'un noyau unique, immédiatement après le bourgeonnement; nous inclinons toutefois vers la deuxième hypothèse. Nous n'avons pas vu de conjugaison ou de phénomènes pouvant s'interpréter comme des phénomènes sexuels.

L'étude de *S. Mesnili* nous amène tout naturellement à discuter ici le problème de la valeur des caractères au point de vue de la classification des Protozoaires. Beaucoup d'auteurs attachent à la structure nucléaire une importance considérable; certains vont même jusqu'à considérer une structure nucléaire donnée comme caractéristique d'un groupe. C'est ainsi que, dans le système de Hickson, les Protozoaires sont divisés en Homocaryotes et Hétérocaryotes (Infusoires). Dans un tel système, *Stephanopogon*, et d'une manière générale tous les infusoires chez lesquels on trouvera un protoca-

ryon, devraient rentrer dans les Homocaryotes. On classerait ainsi, dans deux sous-embranchements différents, des infusoires qui, si l'on ne considère que leur revêtement ciliaire, appartiendraient à la même famille. Dans le système de Doflein (Plasmodromes et Ciliophores), le caractère distinctif est l'appareil locomoteur; mais cet auteur considère qu'après les cils, le caractère important des Ciliophores est la structure particulière de l'appareil nucléaire. Le cas de *Stephanopogon* montre, à notre avis, que cette structure ne doit pas entrer en ligne de compte dans leur définition et que l'on a tort d'opposer, de façon absolue, les Plasmodromes aux Ciliophores.

En effet, si, comme on l'admet généralement, les Flagellés autotrophes sont la souche de tous les autres protozoaires, il n'est pas douteux que des Flagellés ont pu, par une évolution parallèle à celle des Trichonymphines, donner des Infusoires. Dans la majorité des formes, en même temps que l'évolution de l'appareil locomoteur, se serait faite l'évolution de l'appareil nucléaire ayant abouti au dualisme d'ordre trophogénérateur que l'on ne trouve que chez les Infusoires. Dans certains cas cependant, l'évolution de l'appareil nucléaire ne se serait pas produite et des Infusoires (*Stephanopogon*) peuvent montrer un noyau primitif [1] comme ceux que l'on trouve chez les Flagellés, noyau qui est à notre avis la marque de l'origine flagellée des Infusoires.

PARASITOLOGIE. — *Développement de l'œuf et embryon du Cyathocéphale, parasite de la Truite.* Note de Mlle **M. Gauthier**, présentée par M. F. Mesnil.

Le cycle évolutif de la plupart des Bothriocéphalides d'eau douce est maintenant connu grâce aux recherches de Janicki et Rosen (1917) et surtout de Rosen (1918 et 1919). Cependant celui du Cyathocéphale (*C. truncatus* Pall.) n'a pas été jusqu'ici complètement élucidé.

On sait, depuis le travail de Wolf (1906) et la Note de Léger (1908), que la Crevette d'eau douce (*Gammarus pulex* L.) est pour ce parasite un hôte intermédiaire qui transmet directement aux Salmonides et autres poissons carnassiers d'eau douce le plérocerque déjà sexualisé qui se transforme rapidement en Cyathocéphale adulte dans leur tube digestif. Kramer, en 1892, a donné la description de l'œuf fécondé; mais jusqu'ici, et malgré

[1] Il nous paraît difficile de concevoir cette structure comme n'étant pas primitive.

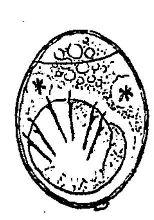
les nombreux essais de Wolf, on n'a pas réussi à en suivre le développement et par conséquent l'embryon est resté inconnu.

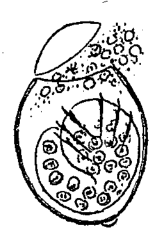
Grâce à un matériel abondant provenant d'un de nos bassins alpins de Salmoniculture, riche en Crevettes, et dans lequel toutes les Truites se montraient fort amaigries en raison d'une forte infection de Cyathocéphales, nous avons pu disposer d'un nombre considérable d'œufs et tenter à notre tour d'en suivre l'évolution.

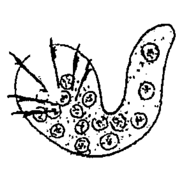
On sait que les Cyathocéphales, fixés dans les cæcums pyloriques de la Truite, pondent des œufs non encore segmentés qui sont entraînés dans l'intestin, puis éliminés à l'extérieur. Ces œufs sont ovoïdes, de 40 à 50 μ de long sur 33 à 35 μ de large, avec une paroi jaunâtre, et présentent, à l'un des pôles, un petit bouton légèrement excentrique. A l'intérieur, la cellule ovulaire claire, encore indivise, est entourée de cellules vitellines granuleuses.

Selon la méthode que nous a indiquée le Dr Rosen, nous avons placé les œufs sous une mince couche d'eau à la température de 17° C. Après plusieurs essais infructueux au cours desquels les œufs dégénéraient lentement sans cause apparente, nous avons enfin réussi à en obtenir le développement et à observer l'embryon à sa sortie.

Dès les premiers jours, la cellule-œuf commence à se diviser pour donner, au bout de 15 jours, une masse embryonnaire occupant à peu près le tiers de l'œuf et formée de 20 à 30 cellules petites et claires dont une cependant paraît toujours plus grosse. Cette masse est entourée encore des cellules vitellines granuleuses qui commencent à se liquéfier. Au bout de 20 jours d'incubation, l'embryon, complètement formé, montre ses crochets. A ce







Œuf embryonné (*in vivo*), déhiscence et embryon (après coloration) de *Cyathocephalus truncatus*. × 500.

moment, l'œuf mûr paraît presque transparent et présente nettement une ligne de déhiscence transversale délimitant une calotte operculaire opposée au pôle portant le bouton réfringent. Nous n'avons observé cette ligne,

indiquée cependant par Wolf dès les premiers stades, que sur des œufs mûrs ou dégénérés.

A l'intérieur de l'œuf, la masse claire de l'embryon occupe les deux tiers de la cavité et se trouve du côté opposé au couvercle, tandis que l'autre extrémité montre le résidu vitellin granuleux au-dessous duquel se voient, symétriquement disposés, deux petits amas de cristaux entourés d'une vacuole et représentant sans doute des produits d'excrétion embryonnaire. Une fois nous avons observé un œuf renfermant deux embryons jumeaux parfaitement développés.

Si l'on exerce une légère pression sur l'œuf mûr ou mieux si on le place dans du suc gastrique de *Gammarus*, le couvercle se soulève et l'embryon s'échappe, chassant devant lui les déchets vitellins et les excrétats.

A l'éclosion, l'embryon, presque transparent et réfringent, présente deux régions bien distinctes : la région acanthophore globuleuse de 23 à 25 μ de long sur 18 à 21 μ de large, suivie d'une région plus étroite ou caudale de 30 à 35 μ de long sur 12 μ de large, et repliée sous la première dans l'œuf. La région acanthophore présente de nombreux noyaux épars et particulièrement tassés vers la base des crochets. Ceux-ci, disposés en 3 paires divergentes, sont formés d'une longue hampe de 8 à 10 μ terminée par une griffe de 4 à 5 μ bien plus largement ouverte que celle du Bothriocéphale et à la base de laquelle se trouve un petit crochet secondaire. Dans la région caudale, les noyaux, plus gros et moins nombreux, sont disposés d'abord en deux files, puis en une seule file régulière.

Malgré toute notre attention, nous n'avons jamais vu trace de cils sur l'embryon. Cette absence de cils est importante à signaler. En effet, par les caractères de l'œuf (coque épaisse avec couvercle polaire, vitellus abondant), par le fait que le développement embryonnaire ne commence qu'après l'arrivée de l'œuf dans l'eau, le Cyathocéphale devrait appartenir, d'après Rosen (1918), au groupe des Bothriocéphalides à embryon cilié.

De plus, l'absence de couverture ciliée implique celle de stade nageur ou flottant et par conséquent est défavorable à l'absorption de l'embryon par des Microcrustacés pélagiques qui d'ailleurs n'existent pas dans les eaux rapides où nous trouvons constamment des Truites infestées. Comme d'autre part les Crevettes sont des animaux de fond se nourrissant de déchets organiques, il y a toute chance pour qu'elles absorbent ainsi directement les œufs embryonnés de Cyathocéphale qui s'ouvrent, comme nous l'avons vu, au contact de leur suc gastrique.

Pour toutes ces raisons, il ne nous paraît pas douteux, comme le pense Wolf, que la Crevette d'eau douce est l'unique hôte intermédiaire du Cyathocéphale. Nous essaierons d'en apporter la preuve par une nouvelle série d'expériences.

BACTÉRIOLOGIE. — *Du double rôle des plaques chauffantes dans les appareils de stérilisation des liquides en circulation continue.* Note [1] de M. **Henri Stassano**, présentée par M. Roux.

L'un des appareils que j'ai imaginés pour réaliser la stérilisation des liquides par la chaleur en circulation continue sous couche mince [2], grâce à l'écartement minime de $\frac{1}{100}$ de millimètre (dix hauteurs environ de microbes) auquel l'une de ces surfaces chauffantes est distante de l'autre surface, se comporte comme un viscosimètre très précis, en ce sens que le débit des liquides qui le traversent varie régulièrement selon leur degré différent de viscosité ou selon qu'ils y accomplissent une traversée simple ou double, la pression étant la même.

Cependant, par son mode particulier de fonctionnement à des températures différentes, supérieures à celle du laboratoire, il fournit des données non moins précises d'un autre ordre, sous la dépendance néanmoins de la viscosité de l'adhésion capillaire et de la tension superficielle.

Si l'on y fait passer une émulsion microbienne légère, sous la pression constante de 1^{kg} d'azote, on note que la température prise par l'émulsion, dans la traversée simple ou double de l'appareil, est quelque peu inférieure à celle de l'eau du bain-marie où il est immergé. Au fur et à mesure que l'épaisseur de l'émulsion, c'est-à-dire sa richesse en microbes par centimètre cube augmente, la valeur de cet écart croît parallèlement, ainsi que le montre nettement le Tableau ci-contre. J'y ai consigné les résultats de trois différentes séries d'observations recueillies en 1917-1918.

Le fait qui se dégage nettement de la comparaison des chiffres mis en regard dans les trois colonnes de ce Tableau est que, dans les limites des expériences, plus une émulsion met de temps à traverser l'appareil, soit qu'elle renferme un plus grand nombre de microbes, soit qu'elle ait à y

---

(1) Séance du 29 octobre 1923.
(2) *Comptes rendus*, 2 juin 1915 et 2 juillet 1917.

Écarts entre la température du bain-marie et la température de l'émulsion (paratyphique B) après la traversée simple ou double de l'appareil.

Traversée simple, parcours : 25cm.							Traversée double, parcours : 50cm.			
Teneur de l'émulsion en microbes : 3 milliards et demi par centimètre cube; débit : 20 litres à l'heure.				Teneur de l'émulsion en microbes : 25 milliards par centimètre cube; débit : 13 à 14 litres à l'heure.			Teneur de l'émulsion en microbes : 28 milliards par centimètre cube; débit : 6lit,20 à l'heure.			
Température		Résultat bactériologique. — Ensemencement		Température		Résultat bactériologique. — Ensemencement	Température		Résultat bactériologique. — Ensemencement	
bain-marie.	émulsion à la sortie.	en bouillon.	en boîtes de Pétri.	bain-marie.	émulsion à la sortie.	en bouillon.	bain-marie.	émulsion à la sortie.	en bouillon.	en boîtes de Pétri.
75°	73°	o	o	78°	73°,5	o	77°	64°	o	o
73	72	o	o	77	73,2	o	74	63,2	o	o
71,5	70	o	o	75,5	72	o	73	63	o	o
69,5	68,5	+	o	74,5	71	o	71	62	o	o
67	65	+	o	74	69	+	69	59,5	+	55000 col.
62	61	+	3 col.	72,5	68	+	68	58	+	120000 »
60	59	+	101 »	70,5	66,5	+				
	?	+	629 »	69,5	65,5	+				

parcourir un trajet double, moins elle se chauffe. Le contraire devrait se produire.

La chaleur spécifique de l'albumine étant à peu près celle de l'eau, ce fait, en apparence paradoxal, ne peut tenir sûrement à ce que les microbes retiendraient, dans ces deux cas, une plus forte proportion de chaleur, aux dépens du liquide dans lequel ils baignent.

La seule explication vraisemblable, en tout point conforme aux lois de la physique, est, je crois, que les microbes, fortement attirés par l'adhésion capillaire exercée sur eux par les parois métalliques entre lesquelles ils circulent, se rapprochent de plus en plus de celles-ci. Il doit en résulter une sorte de calfeutrage mouvant des plaques chauffantes, gênant nécessairement le libre jeu des courants de convection de la chaleur qui s'en dégagent. Dans ces circonstances, les microbes sont atteints plus directement par la température de stérilisation, alors que le liquide environnant en ressent moins les effets.

Telle doit être, d'ailleurs, ce me semble, l'explication des résultats si favorables auxquels je suis parvenu grâce à ce système de stérilisation, notamment avec un liquide organique tel que le lait, si difficile à conserver à cause de la très grande résistance de quelques-unes des espèces microbiennes qui le souillent habituellement et à cause de son extrême fragilité au chauffage. On y réussit en le traitant par la chaleur en couche mince, pendant un laps de temps minime, et on lui conserve ainsi son goût délicat, sa couleur naturelle, et, sans modifications appréciables, sa composition chimique et sa valeur alimentaire.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1923.

Contributions to the biology of the Philippine archipelago and adjacent regions. *Ophiurans of the Philippine seas and adjacent waters*, par René Koehler. Washington, government printing office, 1922; 1 vol. 24^cm^. (Présenté par M. Joubin.)

Guides aux collections de plantes vivantes. *Plantes économiques et officinales*, par A. Guillaumin. Paris, Muséum d'histoire naturelle, s. d.; 1 vol. 17^cm^. (Présenté par M. Mangin.)

Flore générale de l'Indo-Chine, par H. Lecomte; tome II, fasc. 9 : *Ombellifères*, par H. Chermezon; *Araliacées*, par R. Viguier; *Cornacées*, par F. Evrard; tome III fasc. 2 : *Rubiacées* (suite), par J. Pitard. Paris, Masson et Cie, 1923; 2 fasc. 25^cm^.

L'énergie rayonnante. Tableaux synoptiques de l'échelle des longueurs d'onde et des principales caractéristiques du rayonnement électromagnétique, avec un résumé des théories actuelles, par A. Forestier. Préface de M. Marcel Boll. Paris, Albert Blanchard, 1923; 1 vol. 27^cm^. (Présenté par M. Jean Perrin.)

L'Hématoblaste, troisième élément du sang, par Georges Hayem. Paris, Presses universitaires de France, 1923; 1 vol. 25^cm^. (Présenté par M. Fernand Widal.)

Les fractures de l'orbite par projectiles de guerre, par Félix Lagrange. Paris, Masson et Cie, 1917; 1 vol. 20^cm^. (Présenté par M. H. Vincent.)

Atlas d'ophtalmoscopie de guerre, par Félix Lagrange. Paris, Masson et Cie, 1918; 1 vol. 24^cm^. (Présenté par M. H. Vincent.)

L'audition et ses variations, par Marage. Paris, chez l'auteur, 1923; 1 vol. 23^cm^. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Ethnographie sismique et volcanique, par le comte de Montessus de Ballore. Paris, Honoré Champion, 1923; 1 vol. 25^cm^.

Contribution à l'étude des variations périodiques de la température; leur cause probable, par Henri Mémery. Paris, Chaix, 1921; 1 fasc. 23^cm^.

Les actualités de chimie contemporaine, publiées sous la direction de A. Haller. 2e série par R. Cornubert, A. Berthoud, M. Battegay, M. Tiffeneau et E. Darmois. Paris, Doin, 1924; 1 vol. 19^cm^.

Leçons d'électrotechnique générale professées à l'École supérieure d'électricité, par P. Janet. Tome 3, 5e édition. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 25^cm^.

L'Institut Pasteur de Lille et la célébration du Centenaire de Pasteur à Lille, par L. Marmier. Lille, O. Marquant, 1923; 1 vol. 28^cm^.

La relativité; exposé élémentaire des théories d'Einstein et réfutation des erreurs contenues dans les ouvrages les plus notoires, par ANDRÉ METZ. Paris, Étienne Chiron, s. d.; 1 vol. 29^{cm}. (Présenté par M. Émile Borel.)

Morphologie générale. Membres et ceintures des Vertébrés tétrapodes. Critique morphologique du transformisme, par L. VIALLETON. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Henneguy.)

ERRATA.

(Séance du 30 juillet 1923.)

Note de M. *Étienne Patte*, L'île des Cendres, volcan indo-chinois récemment apparu :

Page 335, ligne 4 en remontant, *au lieu de* 20^{km}, *lire* 29^{km}.
Page 336, ligne 10, *au lieu de* village, *lire* rivage.

(Séance du 1er octobre 1923.)

Note de M. *Adrien Guébhard*, A propos du macrosisme japonais :

Page 594, ligne 1, *au lieu de* devraient, *lire* devaient; ligne 22, *au lieu de* du repos, *lire* au repos.

N° 19.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 5 Novembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. le Président souhaite la bienvenue à M. le Professeur *Zelinsky*, de l'Université de Moscou, qui assiste à la séance....... 845
M. A. Haller annonce à l'Académie le décès de M. *Arnaud de Gramont*....... 845
MM. G. Ferrié, R. Jouaust et R. Mesny. — L'amplification du courant des cellules photo-électriques et ses applications...... 847
M. J. Costantin. — Sur le Pleurote du Chardon bleu de la Vanoise......... 849
M. L. Maquenne. — Sur la théorie de la synthèse chlorophyllienne............ 853
M. H. Andoyer présente à l'Académie la deuxième édition du Tome II de son « Cours d'Astronomie », rédigé avec la collaboration de M. A. *Lambert*........ 857

ÉLECTIONS.

M. Émile Picard est proposé à nouveau au choix de l'Institut pour faire partie du Conseil supérieur de l'Instruction publique. 857

NOMINATIONS

MM. A. Haller et A. Lacroix sont désignés pour représenter l'Académie aux solennités du Cinquantenaire de la Société française de Physique................ 857

PRÉSENTATIONS.

MM. Gabriel Koenigs, Théophile Got, Henri Béghin sont présentés en première, deuxième et troisième ligne pour la Chaire de mécanique du Conservatoire national des Arts et Métiers................ 857

CORRESPONDANCE.

Mme Vve Maurice Gérurtot adresse des remerciments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.................................. 855
Mlle Mélanie Rosenblatt, MM. Eugène Bloch, Hippolyte Copaux, Gallissot, Fernand Holweck, Raymond Jouaust, Eugène Tassilly, Pierre Weiss adressent des remerciments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux. 856
M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages, parmi les pièces imprimées de la Correspondance.......................... 856
M. André Bloch. — Sur les congruences paratactiques et la cyclide de Dupin...... 858
M. Angelesco. — Sur les fonctions génératrices des polynomes d'Hermite.......... 861
M. J. Wolff. — Sur les ensembles non mesurables................................ 863
M. Émile Borel. — Remarques sur la Note de M. J. Wolff.......................... 864
M. N. Gunther. — Sur un problème d'hydrodynamique.............................. 865
M. A. Foch. — Sur la similitude dynamique d'un tube d'aspiration et de son modèle.. 868
M. Louis Breguet. — Calcul du poids de combustible consommé par un avion en vol ascendant.................................... 870
MM. C. Chéneveau et J. Callame. — Sur un micro-palmer.......................... 872
M. E. Brylinski. — Sur l'expérience de Michelson.................................. 874
Mlle Bertha Perrette. — Sur un dispositif d'arc dans le vide permettant d'obtenir les spectres des métaux avec de très faibles quantités de matière........................ 876
M. N. Perrakis. — Étude sur la stabilité, en présence de l'eau, d'un certain nombre de mélanges binaires.......................... 879
M. N. D. Zelinsky. — De la polymérisation de l'acétylène par contact................ 885

N° 19.

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (*suite*)

	Pages.
M. Darder Pericas. — Sur la tectonique des environs de Sineu et du Puig de Sant Onofre (île de Majorque)	885
M. Jules Wolff. — Conditions favorables ou nuisibles à la germination des semences d'orchidées et au développement des plantules	888
M. J. Dauvergne et Mlle Weil. — Sur la culture des plantes en milieu liquide stérile	889
M. G. Fromageot. — L'assimilation chez les cellules vertes et la structure du protoplasma	892
MM. Lucien Daniel et Jean Ripert. — Recherches sur les variations du chimisme chez les plantes greffées	894
M. A. Maige. — Métabolisme des sucres dans la cellule et amylogénèse	895
MM. Chavastelon et Luquet. — Contribution à l'étude des conditions édaphiques des associations pastorales dans le massif du Mont-Dore	898
MM. Émile-F. Terroine, R. Bonnet et P.-H. Joessel. — Composition des graines et rendement énergétique dans la germination	900
Mme L. Randoin et M. H. Simonnet. — Influence de la nature et de la quantité des glucides présents dans une ration privée de facteur B sur la précocité de l'apparition des accidents de la polynévrite aviaire	903
M. Paul Voukassovitch. — Sur la biologie de deux Hyménoptères parasites de la Pyrale de la vigne	906
MM. Marc Bridel et Jean Charpentier. — Sur la caractérisation biochimique du galactose dans un mélange renfermant galactose et arabinose	908
M. André Lwoff. — Sur un Infusoire cilié homocaryote à vie libre. Son importance taxonomique	910
Mlle M. Gauthier. — Développement de l'œuf et embryon du Cyathocéphale, parasite de la Truite	911
M. Henri Stassano. — Du double rôle des plaques chauffantes dans les appareils de stérilisation des liquides en circulation continue	916

Bulletin bibliographique 919

Errata 920

76755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie

Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 20 (12 Novembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

Article 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à M. HENROTEAU, astronome à l'Observatoire d'Ottawa, qui assiste à la séance.

BOTANIQUE. — *Sur la récolte et la culture des* Pleurotus d'Eryngium. Note de M. J. COSTANTIN.

J'ai établi précédemment ([1]) que l'apparition du *Pleurotus Hadamardii* se produit comme si cette espèce était soumise à une culture, mais une *culture naturelle*. C'est là un fait nouveau, qui n'avait jamais été signalé à propos des Oreilles de Chardons.

Ces Champignons sont très anciennement connus ([2]). Magnol, botaniste de Montpellier (en 1676), a signalé le premier l'*Agaricus Eryngii* ([3]), type ayant conservé le

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 847.

([2]) Les noms vulgaires qu'on leur donne témoignent que ces Pleurotes du Panicaut sont appréciés depuis une époque très reculée dans le Midi de la France : Argouagne, Argouane, Beigoula, Bérigoule, Bérigoulo, Bolet dau baja preire, Boulingoule, Boulingoulo, Bridoulo, Brigoule, Brigoulo, Canicot, Cardoueto, Champignon de Garrigues, Champignon de Panicaut, Conquesto, Conque, Corgne, Couderlo, Conguerlo. Escourderme, Fougga (en Algérie), Gurgoule, Girboulo de Panicot, Oreille de Chardon, Oreille de Chat, Oreillette, Panichaou, Panicau, Ragoule, Ringoule.

([3]) *Botanicon monspeliense*, p. 104. — GOUAN, *Flora monspeliaca* (1765), figure inexactement l'*Ag. Eryngii* comme variété de l'*Ag. campestris*. — BATTARA, *Fungorum Agri Arinimensis historia. Faventiæ*, 1755, a donné le nom de *cardarella* au *Pleurotus Eryngii*, presque un siècle après que Magnol l'avait baptisé.

nom qu'il lui avait donné. La région de Montpellier et du Midi est celle où ces Cryptogames ont été le mieux étudiés (en France).

De Seynes ([1]) dit que l'*Ag. Eryngii* apparaît d'une manière sporadique sur l'*Eryngium campestre* « lorsque la plante est morte », dans la plaine de Nîmes, sur les bords du Gardon, Lafoux, Pont-du-Var; il abonde « dans les landes calcaires où il reçoit le nom de Champignon des *garrigues* », « dans les terres en friche entre Alais et Saint-Ambroise », « en un mot à peu près *partout* où se trouve le Chardon ». Dans la figure de Paulet ([2]), où la plante est représentée, on voit encore les traces de l'Ombellifère, car le Champignon apparaît au milieu de ses *feuilles mortes*.

Roubieu (cité par de Seynes, p. 131) l'a mentionné sur l'*Eryngium maritimum*, et Gautier l'a abondamment récolté *tout l'hiver* dans les *dunes* de Courseulles dans le Calvados (*Soc. myc.*, XXX, II).

On voit donc, par ces exemples, que la récolte se fait dans des conditions très différentes de celles signalées pour le *Pleurotus Hadamardii:* ce dernier croît entre 1450^{m} et 1950^{m}, peut-être 2000^{m} d'altitude, sur d'autres plantes (*Eryngium alpinum, Laserpitium latifolium*) et enfin lorsque la *plante support n'est pas morte*, mais après qu'elle a été brusquement troublée par le *fauchage*.

La station septentrionale du Calvados qui vient d'être citée paraît faire exception à la règle, longtemps admise, que ces Pleurotes étaient des plantes méridionales. Les types méditerranéens poussent sur la Férule et d'autres Ombellifères, et les auteurs italiens les mentionnent à Rome, en Sicile (aussi dans l'Archipel). Quélet insiste sur l'existence du type de la Férule dans les Alpes-Maritimes et en Algérie.

Voici d'ailleurs quelques stations septentrionales françaises (sans parler de la Hollande, d'après Oudemans) :

Anjou (*Soc. myc.*, IV, p. LXIV); Loir-et-Cher, Condé (*Ibid.*, V, p. IX). bois d'Uchy (*Ibid.*, XXIV, p. L); Côte-d'Or, La Joux, à côté de Boujeailles (*Ibid.*, XXIV, p. XI); Loire-Inférieure, la Baule, côte nord de la Loire (*Ibid.*, XXIV, p. XLVI); Charente-Inférieure, Saint-Georges de Didonne (Mousnier) (*Ibid.*, XXV, p. XXVI), très commun par endroits en Charente (BRUNAUD, *Listes de Champignons des Charentes*); Mayenne, Chemeri-le-Roi (DANIEL, *Catalogue des Champignons de la Mayenne*); Maine-et-Loire, Pont-de-Cé (*Soc. natur. d'Angers, Bull.* 1903); Tarn-et-Garonne, souches *mortes* d'*Eryngium campestre,* terrains sablonneux (ROUMEGUÈRE, *Fl. myc.*); Aube, terrains sablonneux et secs, été, automne (MAJOR BRIARD, *Fl. cryptog. de l'Aube*); Normandie (GILLET, *Hymen. de France*); Gironde, près Talence (*Ann. Sc. nat. de Bordeaux*, n° 3); Vendée, Chantonnay (*idem*).

J'ajoute à ces renseignements une donnée fournie par M. Nentien (lettre du 1er novembre 1921) : Seine-et-Oise, terrasse de Saint-Germain-en-Laye, rond-point de la terrasse NNE de 1914 à 1919).

L'énumération qui précède établit donc que le *Pleurotus Eryngii* et les types

---

([1]) DE SEYNES, *Essai d'une flore mycologique de la région de Montpellier et du Gard* (*Thèse* de la Faculté des Sciences de Paris, 1863, p. 6, 53, 130).

([2]) PAULET, *Iconographie des Champignons,* 217 planches dessinées d'après nature par J.-H. Léveillé. Paris, 1855.

voisins sont très répandus en France, en Europe et même dans l'Afrique du Nord. Leur comestibilité est reconnue par tous les auteurs. Le *Pleurotus Hadamardii* leur ressemble à ce point de vue. Après l'avoir largement consommé moi-même, j'en ai recommandé l'emploi à diverses personnes qui ont vite appris à l'estimer et à le reconnaître à cause de la souche d'Ombellifère à laquelle il adhère toujours. On peut le faire *sécher* (¹) pour le consommer pendant l'hiver; il conserve ainsi son bon goût et son parfum.

La possibilité de dessécher ces Champignons mérite d'être notée, parce qu'elle indique que ces produits de cueillette n'offrent pas seulement un intérêt pour la consommation locale et immédiate; ils peuvent être l'objet d'expédition au loin et par conséquent servir à un *trafic commercial*.

Ces remarques étant faites, on peut penser que le *Pleurotus Hadamardii* sera susceptible d'être répandu dans les hautes vallées des Alpes en des stations équivalentes à celles du Petit Mont Blanc de la Vanoise. L'*Eryngium alpinum* existe d'ailleurs, non seulement dans les Alpes de Savoie, mais dans celles du Dauphiné, en Provence, en Suisse, en Italie, en Croatie, en Carniole, en Carinthie, en Bosnie et au Monténégro.

Comme des formes voisines du Pleurote du Chardon bleu croissent dans des régions moins alpestres (Jura, Doubs) ou même méridionales et méditerranéennes, on peut envisager qu'il s'agit d'une « culture naturelle » susceptible de s'étendre beaucoup et capable de rendre utilisables des terrains que l'agriculture ne songe pas à employer (dunes, garrigues, etc.).

Ces considérations posent un problème : la possibilité de répandre les Pleurotes en même temps que les Ombellifères qui les hébergent; s'il y a symbiose ou parasitisme occulte, la question est indifférente au point de vue de l'obtention pratique des Champignons. Pour propager ces Cryptogames, il faut en posséder le blanc ou mycélium; or j'ai pu en réaliser la préparation en milieux stérilisés, j'ai même réussi l'élevage du *Pleurotus Hadamardii*; je ne doute pas que l'on ne parvienne au même résultat avec les autres Pleurotes des Ombellifères.

Je me sers, comme milieux nutritifs, de souches stérilisées d'*Eryngium alpinum, campestre*, de *Laserpitium latifolium* et d'autres Ombellifères. Sur tous ces substrats, le développement est tout à fait remarquable. J'avais déjà entrevu la possibilité de ces cultures, en 1921; je viens de répéter, ces derniers

---

(¹) De Seynes (*loc. cit.*) dit qu'on fait une grande consommation du *Pleurotus Eryngii* à l'état frais ou *sec* dans les plaines comprises entre Beaucaire, Nîmes et Saint-Gilles et un peu au delà vers la partie méridionale de la région.

temps, mes essais avec un plein succès. J'ai même vu apparaître un nombre très grand de petits mamelons sur le mycélium, qui m'ont fait penser qu'il s'agissait d'ébauches de fructifications. Cette présomption vient de se trouver confirmée : j'ai d'abord obtenu une différenciation en un pied ventru surmonté d'un petit chapeau (largeur du pied, 2^{mm}; hauteur de l'ensemble, 3^{mm}); mais les fructifications représentées sur la photographie



Tube de culture dans lequel on voit, sur le milieu nutritif, la fructification jeune du Pleurote du Chardon bleu.

(voir la figure) ne laissent aucun doute sur la netteté du résultat, car l'ébauche du fruit est aussi grosse qu'une noisette : non seulement le chapeau et le pied sont bien constitués, mais les lames sont ébauchées et nettement visibles (à l'état adulte, le chapeau a 15^{cm} à 18^{cm}).

Y a-t-il lieu d'espérer qu'on pourra élever complètement les Pleurotes en milieu artificiel? Je n'ose l'affirmer, mais cela me paraît possible. Il y a

loin, d'ailleurs, d'un pareil résultat obtenu dans un laboratoire à une réalisation industrielle.

Pour le moment, il me semble que pratiquement on peut, par l'étude des *Pleurotus Eryngii*, *Hadamardii*, *Ferulæ* (¹), etc., envisager l'utilisation intelligente de terrains délaissés ou négligés par l'agriculture (²).

MÉCANIQUE. — *Les rapports de l'énergie et de la masse d'après Ernest Solvay.* Note de MM. H.-A. LORENTZ et ÉDOUARD HERZEN.

Le grand industriel Ernest Solvay n'était pas, à proprement parler, un physicien et n'avait d'ailleurs suivi les cours d'aucune Université. Mais il avait pour la science pure un enthousiasme sincère et s'adonnait volontiers, lorsque ses affaires lui en laissaient le loisir, à des réflexions concernant la nature de l'Univers. Esprit très indépendant, il ne voulait pas s'astreindre à suivre les méthodes classiques, ce qui devait nécessairement limiter ses possibilités. Mais il gardait, de la sorte, toute son originalité, et est quelquefois arrivé à des conceptions intéressantes, en dehors de la science officielle du temps, et dont la valeur n'a pu être reconnue que bien plus tard.

C'est une conception de cette nature que nous nous proposons d'exposer ici, parce qu'elle mettait en jeu une notion fondamentale de la physique moderne, savoir les rapports de la masse et de l'énergie.

Pour comprendre comment Ernest Solvay a pu, dès 1858, arriver à attribuer une masse à l'énergie, et à entreprendre plus tard une série d'expériences de vérification, il est nécessaire d'exposer brièvement quelles étaient ses idées à cette époque.

Voulant introduire autant que possible l'élément géométrique dans

---

(¹) Si la culture de ces trois types réussit, on parviendra probablement à fixer la valeur de toutes ces formes avec des données autres que celles des mycologues.

(²) ROZE et RICHON, *Atlas der Champignons*, 1888, disent : « Il nous semble qu'il y aurait quelque intérêt à en essayer la culture (*Pleurotus Eryngii*) dans les parties arides et incultes qu'il préfère, et où se plairait sa plante nourricière le Chardon-Roland (ou Rouland) ou Panicaut. Cette culture, si elle pouvait se faire assez facilement, serait certainement rémunératrice. » — CORDIER dit que ce Champignon est plus délicat que le Champignon de couche. — QUÉLET affirme que cette espèce est d'une saveur exquise. — BERNARD l'a vu vendre communément sur le marché de La Rochelle. — PAULET fait remarquer que, de son temps, les Languedociens et les Provençaux faisaient beaucoup de cas de ce Champignon, très recherché également dans le Nivernais.

l'interprétation de l'Univers, il concevait dans l'espace un cloisonnement, en très petits cubes égaux, tel qu'il se produit quand on imagine trois systèmes de plans, perpendiculaires entre eux. Il admettait, de plus, qu'il y a en quelque sorte deux entités différentes et opposées l'une à l'autre, pouvant être distinguées par les signes positif et négatif, parce qu'une juxtaposition immédiate ou une coïncidence de ces entités conduit à une neutralisation complète, ne laissant plus rien. Or Ernest Solvay affectait aux six faces de chaque maille cubique un même signe, et il admettait que, tant qu'il n'y a ni matière, ni rayonnement, le signe change régulièrement de cube à cube, de sorte qu'il y a partout neutralisation.

Il en devient autrement dès qu'il y a une particule matérielle, par exemple. Concevons d'abord une petite surface fermée et nommons intérieurs ou extérieurs les cubes dont les centres se trouvent au dedans ou au dehors de cette surface. Supposons ensuite que les signes de tous les cubes intérieurs soient invertis : il y aura toujours neutralisation à la face commune de deux cubes intérieurs ou de deux cubes extérieurs, mais les signes seront égaux à toutes les faces communes à un cube intérieur et un cube extérieur. Selon Ernest Solvay, c'est précisément cette collision de signes égaux à la périphérie qui caractérise l'existence de la particule matérielle. Bien entendu, même dans le cas de la particule matérielle la plus petite, le nombre des cubes intérieurs est supposé être extrêmement grand, de sorte que la surface extérieure, seul lieu où se trouve quelque chose de « réel », se confond sensiblement, tout en comportant un grand nombre de petits plans carrés, disposés plus ou moins en escaliers, avec une surface fermée analogue à celle que nous avons imaginée.

Selon la théorie d'Ernest Solvay, la collision de signes égaux aux faces de cubes élémentaires, indiquée à propos de la constitution de la particule matérielle, serait à la base de tous les phénomènes qu'on observe. On voit facilement que l'inversion de signes des cubes périphériques, extérieurs ou intérieurs, peut donner lieu à une augmentation ou diminution de volume d'une particule; ces changements seraient accompagnés, dans ces idées, d'une absorption ou émission d'énergie. D'autre part, la propagation d'un faisceau lumineux, par exemple, consisterait en un changement périodique des signes des cubes, ou mieux des faces des cubes, qui se trouvent sur son chemin, amenant encore une coïncidence de signes égaux. Ainsi le faisceau évoquerait ou mettrait en évidence un cloisonnement qui d'abord était plus ou moins latent.

Quant à ce qui détermine la direction des plans dans ce cloisonnement,

on peut imaginer que dans l'éther rigoureusement libre, la neutralisation des entités opposées conduit à un effacement complet du réseau géométrique, qui donc n'existe plus, ne donnant lieu à aucune direction privilégiée; au voisinage d'une particule matérielle, le réseau latent serait dû à une influence de cette dernière.

Nous ne nous arrêtons pas à cette question, ce qui précède suffisant pour faire comprendre une conséquence tirée par Ernest Solvay, et dont il a poursuivi la vérification expérimentale avec ténacité.

Dans la particule matérielle, se dit-il, masse et collision de signes ne font qu'un, pourquoi en serait-il autrement pour l'énergie rayonnante ou pour l'énergie fixée ? C'est ainsi qu'il fut conduit à la conclusion que l'énergie possède une masse, inerte et pesante, comme la matière. Réfléchissant aux conditions propres à déceler cette propriété, jusqu'alors insoupçonnée, il pensa recourir à des réactions chimiques violentes, accompagnées de grands dégagements de chaleur, et à peser les corps avant et après : une perte de poids devait correspondre à la quantité de chaleur perdue.

Voici comment il s'exprime dans un mémoire déposé, sous pli cacheté, à l'Académie des Sciences de Belgique, le 8 juillet 1896 :

« Ce n'est pas d'aujourd'hui que j'ai la persuasion que la matière est transformable en énergie, et réciproquement, et c'est pour arriver à donner à cette opinion la certitude d'un fait que je me suis mis au travail.

» Quand, pour la première fois, je fixai mon esprit sur le problème de la constitution des corps, la matière et l'énergie m'apparurent comme des éléments de même nature fondamentale, coexistants et se remplaçant partout : l'augmentation quantitative de l'un d'eux, en un endroit quelconque de l'espace, entraînant fatalement une diminution de l'autre n'importe où; l'un de ces éléments n'étant, si l'on peut dire, qu'une forme, une modalité, ou, plus correctement, une transformation de l'autre.

» Mes idées sur ce sujet remontent à 1858. Vers cette époque, je fus un jour brusquement frappé par cette réflexion, qui prit une intensité extraordinaire dans mon esprit : « La chaleur (nous disons depuis lors l'énergie) » ne peut avoir qu'une origine matérielle. Quand on chauffe un corps, » quand on le fait changer d'état notamment, la chaleur qui cesse d'être » perçue comme telle, qui devient latente (nous disons actuellement qui se » transforme en travail interne), se matérialise, s'ajoute à la matière de ce » corps.... »

» A partir du moment où je cessai de considérer la matière comme permanente et regardai comme possible sa transformation en énergie et réci-

proquement, je conçus le projet de démontrer expérimentalement le fait ([1]). »

En 1878, Ernest Solvay soumit ses vues à Stas qui les combattit vivement, prétendant que le poids de la matière mise en jeu dans les réactions chimiques n'est aucunement altéré par le dégagement de chaleur qui les accompagne, si l'on évite toute perte matérielle par évaporation ou projection. De 1879 à 1881, il fit cependant entreprendre des séries d'expériences, notamment avec l'aide de MM. R. Lucion et A. Brichaux ([2]). Pour échapper à l'objection de Stas, tout en opérant sur de grandes quantités, il essaya, sans atteindre son but, il est vrai, de recourir à des corps chimiques solides doués cependant de fortes affinités réciproques, tels que l'oxyde de sodium et l'anhydride phosphorique. Il essaya également d'opérer par voie plutôt physique, en produisant des chocs répétés à l'intérieur de groupes de boîtes agitées : la matière prenait alors un nouvel arrangement, accompagné, dans son idée, de variations d'énergie. Il vit ainsi des poussières métalliques se souder et s'agglomérer en sphères denses, phénomène de même nature que ceux étudiés plus tard à fond par Walther Spring. Dans ces expériences, le changement de l'énergie d'une des boîtes est égal à la différence entre le travail qui a dû être dépensé pour son mouvement et la quantité de chaleur que la boîte a perdue par rayonnement et par conduc-

---

([1]) Notons en passant une remarque intéressante d'Ernest Solvay : « Si l'on pouvait restituer à chaque élément matériel la chaleur qu'il a perdue depuis le moment de sa genèse, celle-ci ayant dû se faire à une température extrêmement élevée, on arriverait à l'unité matérielle. » Combinant cette vue avec sa conception particulière de la matière et de l'énergie, et envisageant spécialement les gaz les plus simples, ceux où aucun phénomène chimique parasite n'intervient par élévation de température (c'est-à-dire ceux que nous appelons actuellement monoatomiques), il en conclut que tous ces gaz doivent absorber sensiblement la même quantité de chaleur par unité de volume; en d'autres termes, que le produit de leur densité par leur chaleur spécifique à volume constant doit toujours conduire au même résultat numérique.

C'est un cas particulier de la loi de Dulong et Petit, énoncée en 1819, mais laissée de côté lorsque s'introduisit en chimie la notation en équivalents, et revenue en honneur de nos jours depuis le retour à la notation atomique déduite de l'hypothèse d'Avogadro. Ernest Solvay la retrouvait en 1858, sans avoir, suivant ses propres déclarations, eu connaissance de cette loi précédemment. Nous savons en effet que, dans les gaz monoatomiques, les densités sont proportionnelles aux poids atomiques (à égalité de pression et de température) et, d'après Dulong et Petit, le produit de la chaleur spécifique par le poids atomique a la même valeur pour tous les corps simples solides, et également pour tous les gaz monoatomiques.

([2]) Une description de ces expériences paraîtra dans un autre Recueil.

tibilité. C'est donc cette différence qui devait déterminer le changement de masse et de poids, mais aucun changement pareil ne put être constaté.

Enfin il envisagea, dans le même ordre d'idées, d'employer un gyroscope au repos puis en mouvement de rotation rapide, afin de voir s'il y avait, ou pas, variation de poids. Cet appareil fut construit, en 1880-1881, dans les ateliers Dumoulin-Froment, à Paris; il comportait un tore animé de vitesses de rotation tout à fait exceptionnelles pour l'époque, et allant de 600 à 800 tours par seconde. Ces expériences, accompagnées de pesées très soignées avant et après la mise en rotation, ne donnèrent aucun résultat, mais Ernest Solvay ne désarma pas pour cela et tira la conclusion que la masse attachée aux énergies en jeu était insignifiante, au-dessous de la sensibilité expérimentale.

« Cet insuccès ne put me décourager, note-t-il dans son mémoire de 1896. En y réfléchissant, les expériences faites prouvaient une fois de plus que l'équivalent matériel de la chaleur n'était pas décelable dans les conditions où l'on avait opéré, rien de plus. D'autre part, des considérations de diverses natures m'amenèrent à penser que cet équivalent devait être tellement minime que le raisonnement seul, aidé du calcul, pouvait permettre de le déterminer, si toutefois il est déterminable. »

On sait aujourd'hui qu'il avait raison : la masse n'est plus considérée comme un attribut indépendant et inaltérable de la matière, mais comme intimement liée à l'énergie, croissant et décroissant avec elle. On ne peut augmenter la vitesse d'un mobile, ni l'échauffer, sans lui communiquer de l'énergie, sans augmenter sa masse; mais le coefficient de transformation pour passer d'une quantité d'énergie, exprimée en unités mécaniques, à la masse correspondante, est l'inverse du carré de la vitesse de la lumière, c'est-à-dire, dans le système C. G. S., l'unité divisée par 9 suivi de vingt zéros : c'est bien le coefficient extrêmement petit prédit par Ernest Solvay.

Il nous a semblé que ces idées et expériences d'Ernest Solvay étaient intéressantes à signaler. Sans doute il n'a pu indiquer la valeur du coefficient dont nous venons de parler, et les vues sur lesquelles il basait ses conclusions ne peuvent être comparées à un grand principe fondamental comme celui de la relativité; mais il n'en est pas moins remarquable qu'une intuition heureuse lui ait permis d'entrevoir, à une époque où rien ne l'exigeait, une relation des plus importantes que la physique moderne est parvenue à établir.

M. P. **Appell**, en présentant à l'Académie la quatrième édition du Tome 2 de son *Traité de Mécanique rationnelle*, fait remarquer que le Chapitre XXIV, consacré aux équations générales de la dynamique, a été complété par une théorie nouvelle, celle de l'*Asservissement*, qui a été donnée en 1923, par M. **Beghin**, dans une Thèse soutenue devant la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

M. **Marin Molliard** dépose une notice sur la vie et les travaux de son prédécesseur M. Gaston Bonnier, qui sera insérée dans les *Mémoires de l'Académie*.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Faune de France. Diptères anthomyides*, par E. Séguy, dont il a écrit la *Préface*.

MM. A. **Rateau** et **de Sparre** font hommage à l'Académie d'un volume intitulé : *Étude théorique et expérimentale sur les coups de bélier dans les conduites forcées* et qui contient les *Rapports établis*, en collaboration avec M. E. **Jouguet**, *à l'occasion du IIe Congrès de la Houille blanche* (1914).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule LXV des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Études d'anatomie comparée sur les Poissons provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco* (deuxième Partie), par Joseph Nusbaum-Hilarowicz. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Recherches anatomiques sur l'appareil génito-urinaire mâle du Mesoplodon et des Cétacés en général*, par R. Anthony. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° Office central de faunistique. *Faune de France : 5. Polychètes errantes*, par Pierre Fauvel. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° Société des Nations. Commission de coopération intellectuelle.

Rapport sur la propriété scientifique soumis par M. le sénateur F. RUFFINI et approuvé par la Commission. (Présenté par M. É. Borel.)

5° *Les Oiseaux. Les Oiseaux chanteurs*, par DELAMARRE DE MONCHAUX. (Présenté par M. P. Marchal.)

6° *Les systèmes nuageux*, par CH. SCHERESCHEWSKY et PH. WEHRLÉ. Texte, Photographies, Cartes. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

MM. PAUL BLUM, ANDRÉ DEFLINE, ROGER DOURIS, JUSTIN JOLLY, GUSTAVE NICOLAS, CLÉMENT VANEY adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. JEAN POTTEVIN prie l'Académie de vouloir bien le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *de Freycinet*.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur une propriété fonctionnelle de certaines surfaces*. Note de M. E.-O. LOVETT, présentée par M. Appell.

On propose de déterminer une surface S représentée paramétriquement par les équations

$$x = z_1(u, v), \qquad y = z_2(u, v), \qquad z = z_3(u, v),$$

et jouissant de la propriété suivante :

P_j, P_k, P_l étant trois points quelconques des points P_i ($i = 0, 1, 2, \ldots, n$) sur la surface S correspondant aux valeurs $u + ih$ et $v + ih$ des paramètres u et v, le plan P_j, P_k, P_l passe par l'origine des coordonnées cartésiennes, et cela quels que soient u, v et h.

Cette propriété géométrique simple s'exprime par l'équation

$$(1) \qquad D = |z_{1,j}, z_{2,k}, z_{3,l}| = 0, \qquad z_{i,j} = z_i(u + jh, v + jh),$$

et la résolution du problème se trouve dans les équations

$$(2) \qquad \begin{cases} D_0^{(m)} = \left(\dfrac{d^m D}{dh^m}\right)_{h=0} = \displaystyle\sum_0^{\rho-1}{}_\lambda \sum_{\lambda+1}^{\rho}{}_\mu \binom{m}{\lambda}\binom{m-\lambda}{\mu} |j^\lambda, k^\mu, l^\nu|\,|z_1^{(\lambda)}, z_2^{(\mu)}, z_3^{(\nu)}| = 0, \\ (D_0^{(m)})^{(n)} = \left(\dfrac{\partial}{\partial u} + \dfrac{\partial}{\partial v}\right)^n D_0^{(m)} = 0, \\ \lambda + \mu + \nu = m = 3, 4, 5, \ldots; \qquad n = 1, 2, 3, \ldots; \\ \rho = \dfrac{m-1}{2}, \text{ pour } m \text{ impair}; \qquad \rho = \dfrac{m}{2} - 1, \text{ pour } m \text{ pair}, \end{cases}$$

desquelles on déduit les formes paramétriques

$$(3)\quad\begin{cases}1^\circ & z_i=\Phi_i(u,v), \qquad \sum_1^3 i\,\varphi_i(u,v)\,\Phi_i(u,v)=0;\\ 2^\circ & z_i=\xi(u-v)\,\Psi(u,v), \qquad z_j=\eta(u-v)\,\Psi(u,v), \qquad z_k=\Omega(u,v);\\ 3^\circ & z_i=\zeta_i(u-v)u+\eta_i(u-v)v+\zeta_i(u-v);\end{cases}$$

où deux quelconques des fonctions Φ_i et toutes les Φ, ξ, η, ζ, Ψ, Ω sont fonctions arbitraires. On vérifie immédiatement que les fonctions z_1, z_2, z_3, des trois formes (3), satisfont à l'équation $D=0$.

Parmi les cas particuliers, les suivants ne sont pas sans intérêt.

Si les fonctions Φ_i sont constantes arbitraires, on peut prendre, comme formes particulières des Φ_i, certaines fonctions auxquelles M. Appell a consacré plusieurs Mémoires [1]; en effet, pour celles-ci, le déterminant

$$|z_1^{(\lambda)}, z_2^{(\mu)}, z_3^{(\nu)}|, \qquad \lambda+\mu+\nu=3, 4, 5, \ldots;$$

et le déterminant $|z_1, p_2, q_3|$ du premier Mémoire de M. Appell (p. 192-193) s'évanouissent simultanément.

Les surfaces $x^\alpha y^\beta z^\gamma=\mathrm{K}$, $\alpha+\beta+\gamma=0$, et tous les plans de l'espace, donnent des exemples très simples de surfaces représentées paramétriquement par des fonctions comprises dans les deuxième et troisième des formes (3).

Pour les ellipsoïdes, la représentation paramétrique

$$z_1=a\cos\chi\cos\psi, \qquad z_2=b\cos\chi\sin\psi, \qquad z_3=c\sin\chi$$

ne satisfait pas à l'équation $D=0$; cependant, au moyen des transformations

$$\sin\chi=i\cot(\omega+\theta), \qquad u=\operatorname{tang}\theta,$$
$$\operatorname{tang}\psi=\operatorname{tang}(\omega-\theta), \qquad v=\operatorname{tang}\omega,$$

celle-là devient

$$z_1=a\left(\frac{1+uv}{v+u}\right), \qquad z_2=b\left(\frac{v-u}{v+u}\right), \qquad z_3=ic\left(\frac{1-uv}{v+u}\right)$$

---

[1] P. Appell, *Sur les fonctions hypergéométriques de deux variables* (*Journal de Mathématiques* de Résal, t. 8, p. 173); *Sur une intégrale définie dont l'élément est une exponentielle de degré 4* (*Annaës da Academia Polytechnica do Porto*, t. 12, 1917, p. 12); *Sur un système de trois équations linéaires et homogènes aux dérivées partielles* (*Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. 47, 1923, p. 15).

et la propriété caractéristique des surfaces S se révèle dans l'identité

$$\frac{u-v}{a} z_1 + \frac{2}{b} z_2 + \frac{i(v-u)}{c} z_3 = 0.$$

D'ailleurs, il y a des identités semblables pour les hyperboloïdes à une et à deux nappes, et pour les paraboloïdes elliptiques et hyperboliques.

De la même manière, en vertu de l'identité

$$(A_1 \cos\Phi + B_1 \sin\Phi) z_1 + (A_2 \cos\Phi - B_2 \sin\Phi) z_2 + A_3 e^{\frac{a}{k}\Phi} z_3 = 0,$$
$$A_i = |a_j, b_k|, \qquad B_i = a_j a_k + b_j b_k, \qquad \Phi = k(v-u),$$

la propriété caractéristique paraît pour les surfaces

$$x = uf_1(v), \qquad y = uf_2(v), \qquad z = uf_3(u), \qquad f_i(w) - e^{aw}(a_i \cos kw + b_i \sin kw),$$

qui incluent, en particulier, les surfaces de révolution

$$x = u \cos v, \qquad y = u \sin v, \qquad z = u(a \cos u + b \sin u),$$

et pour celles-ci l'équation $D = 0$ est une conséquence de l'identité trigonométrique

$$|\cos(\psi+\alpha), \quad \sin(\psi+\beta), \quad a\cos(\chi+\gamma) + b\sin(\chi+\gamma)| = 0.$$

Des cas négatifs, on peut citer les surfaces connues [1]

$$x = v \cos u, \qquad y = v \sin u, \qquad z = au + \mathcal{F}(v),$$
$$x = v - 2u - e^{-u}, \qquad y = e^{v-u}, \qquad z = e^u - v,$$

pour lesquelles l'équation $|z_1, z_2^{(1)}, z_3^{(2)}| = 0$, par exemple, demande que les formes

$$v^2\mathcal{F}'' - 2v(\mathcal{F}' + a) + (v^2+2)(\mathcal{F} + au), \qquad e^{v-u}\left(e^{\frac{u}{2}} - e^{\frac{u}{2}}\right)$$

soient nulles identiquement.

On peut remarquer que la propriété exprimée par l'équation $D = 0$ correspond à une propriété très simple et unique de lignes droites dans le plan. De plus, on rencontre les surfaces (3) dans certains problèmes plus généraux, analogues à ceux de plusieurs Notes [2] récentes sur la géométrie analytique de courbes.

---

(1) A. TISSERAND-PAINLEVÉ, *Exercices sur le calcul infinitésimal*, p. 462 et 434 (Gauthier-Villars, 1896).

(2) A. ANGELESCO, *Sur une propriété fonctionnelle des coniques* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 666). — G. BRATU, *Sur les progressions d'ordre supérieur* (*Ibid.*, t. 175, 1922, p. 562). — E.-O. LOVETT, *Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations* (*Ibid.*, t. 176, 1923, p. 975).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des fractions continues nouvelles attachées à certaines opérations à une unité près par excès.* Note de M. **Armand Cahen**, présentée par M. Appell.

Soit $R(z)$ une fonction positive croissant indéfiniment avec z, ainsi que sa dérivée. Pratiquons sur un nombre positif N l'*opération* R à une unité près par excès. Il existe deux entiers consécutifs $a_1 - 1$ et a_1, tels que

$$R(a_1 - 1) < N \leqq R(a_1), \qquad N = R(a_1) - \frac{R(a_1) - R(a_1 - 1)}{x_1} \qquad (x_1 > 1).$$

On aura de même

$$x_1 = \frac{R(a_2) - R(a_2 - 1)}{x_2} \cdots x_k = \frac{R(a_{k+1}) - R(a_{k+1} - 1)}{x_{k+1}} \cdots,$$

d'où un développement en fraction continue où les $x_i > 1$ sont des *quotients complets* et les $R(a_i)$ leur *partie principale*

$$[a_1, a_2, \ldots, a_k, \ldots] \equiv R(a_1) \dotplus \frac{R(a_1) - R(a_1 - 1)}{-R(a_2)} \dotplus \ldots \dotplus \frac{R(a_k) - R(a_k - 1)}{-R(a_k)} \dotplus \ldots.$$

Si le développement est limité, il est égal à N; sinon, dans le cas de convergence, il représente un nombre $N' \neq N$. S'il est périodique, deux cas sont possibles : ou bien la périodicité porte sur les quotients complets x_i, N est un nombre *rationnel* ou *irrationnel de second degré* du domaine (R), on a

$$N = [a_1, a_2, \ldots, a_m; b_1, b_2, \ldots, b_k; b_1, b_2, \ldots, b_k, \ldots] \equiv [a_1, a_2, \ldots, a_m; \overline{b_1, b_2, \ldots, b_k}],$$

ou bien la périodicité ne porte que sur les parties principales $R(b_i)$; le développement supposé convergent représente un nombre N rationnel ou du second degré ($N' \neq N$).

Par exemple soient α et β deux entiers, tels que

$$R(\alpha) = 1, \qquad \beta > \alpha, \qquad R(\alpha + 1 > 2.$$

On a les deux développements périodiques simple et mixte

$$N_1 = R(\alpha + 1) - 1 = [\bar{\alpha}], \qquad N_2 = R(\beta + 1) - \frac{R(\beta + 1) - R(\beta)}{R(\alpha + 1) - 1} = [\beta, \bar{\alpha}].$$

Les quantités N'_1 et N'_2 des deux ensembles linéaires

$$N'_1 = 1 + \theta[R(\alpha+1) - 1], \qquad N'_2 = R(\beta+1) - \frac{R(\beta+1) - R(\beta)}{1+\theta[R(\alpha+1)-1]},$$
$$0 < \theta \leqq \frac{R(\alpha+1)-2}{R(a+1)-1}$$

ont même développement que N_1 et N_2, qui en sont les *nombres représentatifs*. Si l'on pose

$$\theta[R(a+1) - 1] = R(a+1) - 2] \sin^2\varphi,$$

on peut dire que les deux fonctions $N'_1(\varphi)$, $N_2(\varphi)$ sont *équidéveloppables* de $-\infty$ à $+\infty$, leurs développements étant représentés par

$$N_1 = N'_1\left(\frac{\pi}{2}\right), \qquad N_2 = N'_2\left(\frac{\pi}{2}\right).$$

Il en est ainsi dans le système

$$R(z) = a^z \qquad (a > 2)$$

de la fonction de φ

$$[a^{n+k} - a^{k+1} + a^n + (a-2)(a^{n+k+1} - a^{n+1} + a^n)\sin^2\varphi] : [1 + a(a-2)\sin^2\varphi]$$

dont le développement est celui de

$$a^{n+k} - a^n = [n+k, k, \bar{1}].$$

Fractions continues de M. Appell. — Des développements analogues par excès et par défaut ont été signalés pour la première fois par M. Appell [1] dans le cas particulier où

$$R(z) = z^p \qquad (p \geqq 2).$$

M. Appell a développé des nombres *représentables* et proposé des recherches relatives à la nature *a priori* de pareils développements. Bornons-nous au cas de $p = 2$. Tous les nombres N tels que

$$a^2 < N \leqq a^2 + \frac{2}{3}(2a+1)$$

ont même développement

$$[a+1, \bar{2}] = a^2 + \frac{2}{3}(2a+1).$$

---

[1] P. APPELL, *Intermédiaire des Mathématiciens*, 1913, p. 169; *Bulletin des Sciences mathématiques*, avril 1914, p. 118-120.

Tout nombre rationnel a un développement limité ou illimité de période $[\bar{2}]$. Inversement, tout développement de période $[\bar{2}]$ représente un nombre rationnel $A = [a_1, a_2, \ldots a_k, \bar{2}]$.

Tous les nombres A′ obtenus en remplaçant dans A, a_k^2 par

$$a_k^2 - (2a_k - 1) : (1 + 2\theta) \qquad (0 < \theta \leq 1).$$

ont le même développement.

Géométriquement, ils remplissent un segment de droite, dont l'extrémité supérieure est A (pour $\theta = 1$). Tout développement B, soit à une période distincte de $[\bar{2}]$, soit à plusieurs périodes, représente un nombre du second degré $\omega = (p + q\sqrt{H}) : r$ contenant un radical spécial $\sqrt{H}$. C'est le seul nombre susceptible du développement B, n'appartenant donc pas à un segment équidéveloppable. Soient $A'_1\, A'_2 \ldots A'_n$ des valeurs approchées de B à 10^{-1}, 10^{-2}, ..., 10^{-n} près par défaut; ce sont les extrémités supérieures de segments de plus en plus petits, n'empiétant pas, se dirigeant vers B; le point ω est un point limite de l'ensemble (A'_i).

Soit par exemple l'expression

$$\omega = [\bar{a}] = \frac{1}{2}(a^2 + \sqrt{a^4 - 8a + 4})$$

qui n'est rationnelle que pour $a = 2$; ω pour $a > 2$ est une irrationnelle $I(z^2)$; mais, en général, une fonction homographique de ω n'est pas une $I(z^2)$.

Posons

$$[a_1, a_2, \ldots, a_{i-1}\, a_i] = \frac{P_i}{Q_i},$$

la forme générale des irrationnelles $I(z^2, \omega)$ est

$$\omega^1 = [P_n\omega - (2a_n - 1)P_{n-1}] : [Q_n\omega - (2a_{n-1})Q_{n-1});$$

ω étant donné, elles forment un ensemble dénombrable. Ainsi

$$[(p^2q^2 - 2p + 1)\omega - (2q - 1)p^2] : [q^2\omega - (2q - 1)]$$

est une $I(z^2, \omega)$; tandis que $\frac{2\omega + 1}{2a^2}$, qui appartient au segment 1, 3, n'est pas représentable par son développement $[\bar{2}]$ et n'a aucun rapport avec les irrationalités $I(z^2)$ spéciales qui nous occupent.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions quasi analytiques.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Hadamard.

1. Je me propose de faire quelques remarques au sujet des deux classes différentes de fonctions quasi analytiques, dont l'une a été découverte par M. Denjoy et l'autre a été indiquée dans mon Mémoire [1] « Sur la définition et les propriétés réelles des fonctions analytiques ». MM. Denjoy et Carleman, en cherchant à résoudre un problème posé par M. Hadamard, ont démontré, comme on sait, ce théorème remarquable : *une fonction $f(x)$, qui satisfait à la condition* (D) *que*

$$\sum_1^\infty \frac{1}{M_n}, \tag{1}$$

où $M_n = \max. \sqrt[n]{|f^{(n)}(x)|}$, *diverge, doit être identiquement nulle, si elle s'annule avec toutes ses dérivées en un seul point. A fortiori*, une fonction (D) est identiquement nulle, si elle s'annule dans un intervalle quelconque.

D'autre part, à l'endroit cité, en partant d'un point de vue différent, j'ai été amené à considérer les fonctions $f(x)$ qui satisfont à la condition (P) que

$$\lim.\inf. \sqrt[n]{E_n f} = \rho < 1, \tag{2}$$

où $E_n f$ est la meilleure approximation de $f(x)$ par des polynomes de degré n sur un segment AB donné; j'ai montré qu'*une fonction* (P) *est identiquement nulle, si elle s'annule dans un intervalle quelconque* de AB.

2. Il est évident que les conditions (D) et (P) déterminent deux classes de fonctions quasi analytiques qui sont, en général, distinctes [2], et il n'est pas douteux qu'on pourrait en construire d'autres. Néanmoins, je vais montrer qu'au point de vue où je me plaçais la condition (P) est une condition nécessaire et suffisante. On peut en effet démontrer le théorème suivant :

Soient $\rho_{n_1}, \ldots, \rho_{n_k}, \ldots$ *une suite quelconque de nombres, tels que* $\lim \rho_{n_k} = 1$;

---

[1] *Math. Ann.*, t. 75, 1914.

[2] La condition (P), qui n'impose pas la dérivabilité de $f(x)$, est aussi réalisée en particulier lorsqu'il y a une infinité de valeurs de n, telles que $M_n < kn$ (où k est un nombre fixe), ce qui n'entraîne aucunement la condition (D).

une fonction $f(x)$ satisfaisant pour une infinité de valeurs de n_k à la condition

$$\sqrt[n]{E_{n_k} f} \leqq \rho_{n_k}$$

peut être nulle sur une partie de AB *sans être nulle identiquement (d'après la proposition rappelée plus haut, cela serait impossible, si* $\lim \rho_{n_k} = \rho < 1$).

La démonstration est une conséquence immédiate du lemme suivant : $\varphi(x)$ *étant une fonction continue quelconque sur* ACB *qui est nulle sur* AC, *on peut toujours la représenter avec une approximation infinie sur tout le segment* ACB *au moyen de polynomes* $P_n(x)$ *de degrés n assez élevés, tels que sur* AC

$$\sqrt[n]{|P_n(x)|} < \rho_n,$$

quelle que soit la suite des nombres ρ_n *ayant* 1 *pour limite.* En effet, ce lemme étant admis, en partant d'un polynome $P_{n_0}(x)$ quelconque, qui s'annule en C, on construit des polynomes $P_{n_k}(x)$ tels que $|P_{n_k}(x) - P_{n_{k-1}}(x)| < \frac{1}{2} \rho_{n_{k-1}}^{n_{k-1}}$ sur CB, et $|P_{n_k}(x)| < \rho_{n_k}^{n_k}$ sur AC. Dans ces conditions

$$f(x) = P_{n_0}(x) + \ldots + [P_{n_k}(x) - P_{n_{k-1}}(x)] + \ldots$$

s'annule sur AC, sans être nulle sur CB, et sur tout le segment ACB on a

$$|f(x) - P_{n_k}(x)| < \rho_{n_k}^{n_k},$$

pourvu que $\rho_{n_{k+1}}^{n_{k+1}} + \rho_{n_{k+2}}^{n_{k+2}} + \ldots < \rho_{n_k}^{n_k}$.

3. En revenant à la condition (D), je signalerai une forme que je crois nouvelle sous laquelle on peut la présenter, en vertu de la proposition suivante : *la série* (1) *et la série*

$$\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\mu_n}, \tag{4}$$

où $\mu_n = \max p \sqrt[n]{E_p f}$, *lorsque p est un nombre entier quelconque, convergent et divergent en même temps.* La démonstration résulte de l'inégalité

$$A \mu_{k-1}^{1-\frac{1}{k}} < M_k < B \mu_{k+2}^{1+\frac{2}{k}}, \tag{5}$$

où A et B sont des constantes indépendantes de $f(x)$ et de k. Il est vraisemblable d'ailleurs que la condition (D) peut être généralisée. Soit λ_n le degré du polynome le moins élevé qui donne une approximation

$$E_{\lambda_n} f \leqq \rho^n$$

($\rho < 1$ étant un nombre quelconque donné). Il est évident que la divergence de (4), c'est-à-dire la condition (D), entraîne *a fortiori* la divergence de

$$\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n}, \tag{6}$$

mais la réciproque est inexacte. Il semble cependant que la divergence de (6) suffirait pour affirmer qu'une fonction nulle sur une partie du segment est nulle identiquement sur tout le segment.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le champ de gravitation de deux masses fixes dans la théorie de la Relativité.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Communication précédente [1], j'ai proposé un ds^2 du champ de gravitation de deux masses supposées fixes dans la théorie de la Relativité. M. Attilio Palatini a bien voulu m'indiquer qu'il avait publié [2] antérieurement à moi un ds^2 du même champ de gravitation. Je voudrais dire ici quelle relation existe entre le ds^2 de M. Palatini et celui que j'ai proposé et, dans ce but, former un ds^2 qui les contient tous deux, sans convenir d'ailleurs, en général, au champ de gravitation considéré.

Le ds^2 d'un champ de gravitation statique et admettant un axe de révolution peut, par un choix convenable des coordonnées d'espace, recevoir la forme

$$ds^2 = e^{2\alpha}\,dt^2 - e^{2\beta}\,d\varphi^2 - e^{2\gamma}(dX^2 + dY^2),$$

où les trois fonctions α, β, γ des deux variables X et Y sont déterminées par les trois équations, données d'abord [3] par M. Levi-Civitá,

$$\frac{\partial^2\alpha}{\partial X^2} + \frac{\partial^2\alpha}{\partial Y^2} + \frac{1}{X}\frac{\partial\alpha}{\partial X} = 0, \tag{1}$$

$$\beta = -\alpha + \log|X| + \text{const.}, \tag{2}$$

$$\gamma = -\alpha + \int X\left[\left(\frac{\partial\alpha}{\partial X}\right)^2 - \left(\frac{\partial\alpha}{\partial Y}\right)^2\right] dX + 2X\frac{\partial\alpha}{\partial X}\frac{\partial\alpha}{\partial Y}\,dY + \text{const.}, \tag{3}$$

et où toutes les quantités sont réelles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 303. Cette Communication et la présente seront développées dans un autre Recueil.

(2) *Rendiconti della R. Academia dei Lincei*, série 5ª, vol. 32, 1923, 1er sem., p. 263-267.

(3) *Rendiconti della R. Academia dei Lincei*, série 5ª, vol. 28, 1919, 1er sem., p. 9.

Considérons la solution $\alpha(X, Y)$ de l'équation aux dérivées partielles (1), définie par les équations

$$\alpha = k \log \operatorname{th} \frac{x}{2} + k_1 \log \operatorname{th} \frac{x_1}{2},$$

$$X + iY = a \operatorname{sh}(x + iy), \qquad X + iY + ic = a_1 \operatorname{sh}(x_1 + iy_1),$$

où k, k_1, a, a_1, c désignent cinq constantes positives, x, x_1 des quantités positives et y, y_1 des quantités réelles variant de o à 2π. Et formons les fonctions β et γ d'après les équations (2) et (3) en choisissant convenablement [1] les deux constantes additives. Nous obtenons le ds^2

$$(4) \quad ds^2 = \operatorname{th}^{2k} \frac{x}{2} \operatorname{th}^{2k_1} \frac{x_1}{2} dt^2 - a^2 \frac{\operatorname{sh}^2 x \cos^2 y}{\operatorname{th}^{2k} \frac{x}{2} \operatorname{th}^{2k_1} \frac{x_1}{2}} d\varphi^2$$
$$- a^2(dx^2 + dy^2) \frac{\operatorname{sh}^2 x + \cos^2 y}{\operatorname{th}^{2k} \frac{x}{2} \operatorname{th}^{2k_1} \frac{x_1}{2}} \left(\frac{\operatorname{sh}^2 x}{\operatorname{sh}^2 x + \cos^2 y}\right)^{k^2} \left(\frac{\operatorname{sh}^2 x_1}{\operatorname{sh}^2 x_1 + \cos^2 y_1}\right)^{k_1^2} H^{2kk_1},$$

en prenant comme variables x et y au lieu de X et Y, et posant

$$H = \frac{\operatorname{ch} x \operatorname{ch} x_1 \cos y \cos y_1 + \operatorname{sh} x \operatorname{sh} x_1 \sin y \sin y_1 + \operatorname{sh} x \operatorname{sh} x_1 - \cos y \cos y_1}{\operatorname{ch} x \operatorname{ch} x_1 \cos y \cos y_1 + \operatorname{sh} x \operatorname{sh} x_1 \sin y \sin y_1 + \operatorname{sh} x \operatorname{sh} x_1 + \cos y \cos y_1}.$$

Quelles que soient les cinq constantes k, k_1, a, a_1, c, le ds^2 (4) satisfait aux dix équations d'Einstein, $R_{ik} = 0$, ne change pas si l'on échange les deux systèmes de cinq quantités x, y, k, a, c et $x_1, y_1, k_1, a_1, -c$, et enfin tend à devenir euclidien quand les deux quantités x et x_1 croissent indéfiniment.

Si l'on y fait $a_1 = a$, $k_1 + k = 1$, le ds^2 (4) se réduit au ds^2 que j'ai proposé, où seulement la constante c doit être remplacée par $\frac{c}{a}$, c'est-à-dire l'expression H par

$$1 + \frac{2a}{c} \frac{\sin y - \sin y_1}{\operatorname{ch} x + \operatorname{ch} x_1}.$$

Ce ds^2 dépend des trois paramètres k ou k_1, a et c. Les deux masses fixes ont pour valeurs ka et $k_1 a$, et leur distance est infiniment grande avec le paramètre c et équivalente à ce paramètre.

Si l'on y fait $k = k_1 = 1$, le ds^2 (4) se réduit à un ds^2 identique aux notations près au ds^2 de M. Palatini, et dépendant des trois paramètres a, a_1 et c.

---

(1) Nous supposons la vitesse de la lumière et le coefficient de l'attraction universelle tous deux égaux à l'unité.

Les deux masses fixes ont pour valeurs a et a_1; leur distance est infiniment grande avec le paramètre c et équivalente à ce paramètre.

Les deux ds^2 ainsi formés sont exprimés en quelque sorte relativement à l'une des masses, et tous deux tendent vers un ds^2 à symétrie sphérique, réductible au ds^2 de Schwarzschild, quand la seconde masse tend vers zéro ou s'éloigne indéfiniment.

Mais entre ces deux ds^2 existe une différence : le ds^2 que j'ai proposé tend aussi vers un ds^2 à symétrie sphérique réductible au ds^2 de Schwarzschild quand le paramètre c tend vers zéro, et que les deux masses tendent à se confondre, tandis que le ds^2 de M. Palatini ne satisfait pas à la même condition de continuité. Cette condition de continuité est évidemment une condition nécessaire si, au lieu de deux masses, on introduit deux points matériels selon la conception classique. Mais dans la réalité les deux masses occupent un certain volume de l'espace, et la condition envisagée n'a de sens physique que tant que ces deux masses en se rapprochant restent extérieures l'une à l'autre.

Si d'ailleurs l'on applique une proposition [1] générale de la théorie de la Relativité, les coefficients du ds^2 du champ de gravitation de deux masses fixes données peuvent s'exprimer en première approximation par des potentiels newtoniens; et, d'après une formule bien connue de la Mécanique céleste classique, le potentiel newtonien en un point éloigné d'un système de masses voisines est égal en première approximation au potentiel de la masse totale, soit M, supposée placée au centre de gravité. Au total les valeurs approchées des coefficients ainsi obtenues conduisent à un ds^2 de la forme

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2\mathrm{M}}{r}\right) dt^2 - \left(1 + \frac{2\mathrm{M}}{r}\right)(dx^2 + dy^2 + dz^2) \qquad \text{avec } r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2},$$

qui par transformation donne une approximation du ds^2 de Schwarzschild. Au premier degré d'approximation les deux ds^2 considérés se réduisent au ds^2 précédent. Peut-être y aurait-il lieu de former à partir des équations d'Einstein et de deux masses données l'approximation suivante, et de comparer aux nouveaux termes obtenus les termes correspondants des deux ds^2 considérés?

---

[1] *Voir* par exemple EINSTEIN, *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie gehalten im Mai* 1921 *an der Universität Princeton*, Braunschweig, 1922, p. 57.

ÉLASTICITÉ. — *Une méthode de séries.* Note [1] de M. **Carl A. Garabedian**, présentée par M. Émile Borel.

1. Je veux signaler brièvement une méthode de séries dans la théorie de l'élasticité.

On adopte les coordonnées cylindriques; et l'on assume (pour les plaques aussi bien que pour les tiges) que les déplacements ont lieu dans les plans qui contiennent l'axe de z, et aussi qu'on a les mêmes déplacements dans tous ces plans. L'avantage de cette supposition se montre dans les équations différentielles qui expriment les forces extérieures s'exerçant sur la surface de la plaque ou de la tige; bref elles sont *totales*. Dans ces recherches nous nous bornerons à la théorie *restrictive* de l'effort, c'est-à-dire aux déformations infiniment petites; aussi une substance homogène et isotrope est supposée. Disons enfin qu'en prescrivant les tractions ou les déplacements au bord d'une plaque de peu d'épaisseur ou au bout d'une tige mince, nous employons conventionnellement le principe de Saint-Venant.

2. Dans l'opuscule sur les plaques circulaires, l'axe de la plaque s'accorde avec l'axe de z, et bien que l'épaisseur soit variable on assume une symétrie par rapport au plan du milieu, $z = 0$. Si les faces de la plaque sont données par les équations $z = a(r)$, $z = -a(r)$, nous écrivons $z = \zeta t$, $a(r) = \alpha(r)t$, et comme *supposition fondamentale* nous supposons qu'on peut développer en puissances positives et entières de t toutes les quantités qui sont fonctions de r et de z. En particulier :

$$U(r, z) = U_0(r, \zeta) + U_1(r, \zeta)t + U_2(r, \zeta)t^2 + \ldots,$$
$$w(r, z) = w_0(r, \zeta) + w_1(r, \zeta)t + w_2(r, \zeta)t^2 + \ldots,$$

où U et w se rapportent respectivement aux déplacements radial et axial. Si nous écrivons $a(r) = hf(r)$ — de sorte que la plaque a une épaisseur constante $2h$ si $f(r) \equiv 1$ — il arrive que le paramètre t ordonne les termes des développements suivant le degré d'homogénéité par rapport à z et h.

En procédant du point de vue des efforts imposés sur les bases et les bords de la plaque, on peut déterminer les coefficients dans les développements de déplacements de manière que ces formules de déplacement vérifient certaines conditions bien déterminées quand les forces extérieures appliquées (*i*) au volume, (*ii*) aux bases, (*iii*) aux bords, sont données.

---

[1] Séance du 29 octobre 1923.

Quand on formule ces conditions conformément à la théorie d'élasticité, elles se présentent comme identités en t; et il ne reste qu'à faire remarquer que les coefficients de pareilles puissances de t doivent être les mêmes pour déterminer formellement les séries de déplacements. Par exemple, la condition (i) détermine les coefficients jusqu'aux fonctions arbitraires de r, celles-ci étant précisées par les équations différentielles totales qui résultent de (ii), et finalement les constantes d'intégration sont fixées au moyen de la condition (iii).

Cette procédure que je viens d'esquisser est poursuivie systématiquement pour le cas général d'épaisseur variable — les forces extérieures s'exerçant sur le volume étant supposées nulles — et les termes premiers des formules de déplacement sont computés. Il y a plusieurs applications aux cas d'épaisseur constante aussi bien que variable.

3. Dans le second opuscule, la tige se produit par la révolution d'une courbe $r = f(z)$ autour de l'axe de z. Les bouts de la tige peuvent être soumis à une tension (ou à une pression si la tige n'est pas trop longue) et nous admettons des tractions qui sont à la fois indépendantes de θ et perpendiculaires partout à la surface de la tige; mais nous exclurons le fléchissement et la torsion. L'intérêt principal de cette classe de problèmes se trouve dans le fait que le rayon de la section peut varier avec z.

Nous supposons, en écrivant $r = \rho\tau$, $f(z) = \varphi(z)\tau$, qu'on peut développer les déplacements suivant les puissances ascendantes du paramètre τ. Les équations d'équilibre deviennent les identités en τ, et l'on compute d'une façon directe (comme dans l'opuscule sur les plaques) les coefficients dans les formules de déplacement.

Dans un grand nombre de cas on peut intégrer explicitement les équations différentielles totales qui se présentent. Il y a certaines applications, à savoir une tige qui s'effile uniformément, une tige renflée, et le cylindre circulaire droit.

4. La critique suivante de la méthode se rapporte à l'opuscule sur les plaques, mais les appréciations se transportent *mutatis mutandis* aux tiges.

Dans le cas de plaques d'épaisseur constante, la méthode de séries est complètement rigoureuse; dans les applications d'un intérêt physique, les séries pour les déplacements se terminent, et lorsqu'on supprime le paramètre t, les formules vérifient identiquement les équations d'équilibre.

Quand l'épaisseur est variable, les séries formelles de déplacement en t deviennent compliquées; et jusqu'ici l'auteur n'a pas examiné, d'une façon détaillée, la convergence de ces développements moins simples. Il résulte

de la nature de la méthode que lorsqu'on supprime le paramètre t dans les séries ordonnées conformément à l'homogénéité en z et h, ces séries sont de telle sorte que si on les différentie formellement et qu'on les substitue dans les équations d'équilibre, les termes de degré semblable s'annulent; c'est-à-dire que les équations d'équilibre sont vérifiées dans le sens formel ordinaire.

Il y a un sens de plus dans lequel les séries formelles de déplacement nous donnent des solutions approximatives. Si nous rompons les séries en rejetant les termes d'un ordre plus élevé que t^{2k+1}, nous obtenons des formules de déplacement qui correspondent à une force totale supplémentaire par unité de volume de l'ordre t^{2k} et à une traction totale supplémentaire par unité de surface de l'ordre t^{2k+1}. Ainsi les séries tronquées correspondent à une force totale appliquée supplémentaire de l'ordre t^{2k}, tandis que la force totale appliquée donnée est au plus de l'ordre t^3, c'est-à-dire de l'ordre du cube du rapport de l'épaisseur de la plaque à son diamètre. Si k est grand et le rapport de l'épaisseur au diamètre est petit, il paraît probable que lorsqu'on enlève les forces appliquées supplémentaires, nul changement sensible ne se produit dans les déplacements et qu'en outre nous avons une solution physique de notre problème.

5. La méthode de séries est applicable à une variété de problèmes d'une ou de deux dimensions — avec l'épaisseur soit uniforme, soit variable — et son utilité pourrait s'étendre à l'hydrodynamique, à l'électricité, et à l'électromagnétisme. La méthode donne une solution d'un problème auquel se sont intéressés les spécialistes de l'élasticité depuis Poisson et Cauchy.

AÉRODYNAMIQUE. — *La « turbulence » du vent et du vol des oiseaux voiliers.* Note [1] de M. **Charles Nordmann**.

Dans une Note récente [2] M. Vasilesco Karpen a présenté une objection à l'hypothèse que j'ai émise [3] afin d'expliquer certaines particularités, non élucidées antérieurement, du vol des oiseaux voiliers et de leur morphologie.

Je rappelle que cette hypothèse consiste essentiellement à admettre que l'oiseau voilier peut inverser le sens de son angle d'attaque selon les fluctua-

(1) Séance du 5 novembre 1923.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 679.
(3) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 446.

tions du vent de façon à utiliser pour sa sustentation à la fois le vent relatif arrière et le vent relatif avant pouvant provenir de ces fluctuations. Cet angle d'attaque pourrait donc être tantôt positif, tantôt négatif et non pas constamment positif comme le supposaient toutes les théories antérieures (¹).

L'objection de M. Vasilesco Karpen est que «... l'oiseau planeur, comme l'aéroplane, n'arrive à se soutenir que lorsque la vitesse du vent relatif dépasse une certaine vitesse critique relativement considérable; pour les vitesses du vent relatif inférieures à cette vitesse critique, l'oiseau tombe ».

Cette objection serait très forte si les formules ordinaires et élémentaires de la sustentation qu'utilise M. Karpen (et qui sont à peu près valables pour l'aéroplane dont la vitesse est grande par rapport aux fluctuations du vent, lesquelles sont donc en général négligeables par rapport à sa vitesse) s'appliquaient aux oiseaux voiliers dont la vitesse est du même ordre que les fluctuations du vent.

Or il est facile de voir qu'il n'en est rien. Si l'on se reporte aux données récentes obtenues au sujet des variations des vents en apparence les plus réguliers (²), on remarque que le vent subit des accélérations continuelles et rapides de part et d'autre de sa valeur moyenne. Ces accélérations ont des périodes de quelques secondes seulement et, plusieurs fois par minute, elles font osciller la vitesse instantanée du vent entre des valeurs qui diffèrent fréquemment de ± 25 pour 100 de sa valeur moyenne, et souvent de beaucoup plus.

Les changements de sens de ces fluctuations se font avec une extrême brusquerie et, durant que le vent varie dans un même sens, son accélération qui est relativement considérable (de l'ordre de 1^{m} par seconde) reste sensiblement constante.

Il est évident que les formules mécaniques élémentaires invoquées par M. Karpen ne s'appliquent aucunement à ces circonstances réelles. L'emploi du coefficient de résistance de l'air habituel introduit par cet auteur dans ces formules, en effet, ne semble pas légitime.

(¹) Deux phrases de M. Vasilesco Karpen : (« Qu'il me soit permis de rappeler que j'ai traité ce problème il y a dix ans... Dans le cas particulier envisagé par M. Nordmann... je suis arrivé à la conclusion suivante... ») pourraient laisser croire que cette hypothèse de l'angle d'attaque à sens variable de l'oiseau voilier avait été déjà émise par cet auteur antérieurement à ma Note du 20 août 1923. Il suffit de se reporter aux publications qu'il rappelle pour constater qu'on n'y trouve rien de pareil, ni rien qui de près ou de loin se rapproche de cette hypothèse.

(²) Voir notamment *Manual of Meteorology*, by sir Napier Shaw, Chap. V.

Ce coefficient tel qu'il a été établi jusqu'ici l'a toujours été par des méthodes expérimentales où les vitesses sont régulières et constantes et où un régime permanent est établi. Or, comme Henri Poincaré l'a montré il y a longtemps, il faut une force supplémentaire pour établir le régime, et la résistance de l'air doit être beaucoup plus considérable lorsqu'il y a des accélérations, comme c'est le cas dans le vent réel. Déjà en 1889 Lilienthal [1] a indiqué que la résistance éprouvée par des ailes battantes doit être jusqu'à 20 fois plus considérable que la résistance en mouvement uniforme. Tant que des expériences précises n'auront pas établi quelle est l'influence des accélérations, telle que celles qu'on trouve réellement dans le vent, sur les coefficients utilisés dans les formules de sustentation, les formules invoquées par M. Karpen pour le vol à voile des oiseaux ne paraissent pas utilisables.

Cet auteur, dans l'exposé de ses idées personnelles, arrive d'ailleurs à la conclusion [2] que la manœuvre de l'oiseau voilier... « consiste à diriger constamment sa vitesse relative dans un sens contraire à celui de l'accélération du vent » et à décrire en conséquence des orbes pour arriver à voler constamment contre le vent relatif. Cette manière de voir est inconciliable avec les faits puisque les accélérations du vent changent de sens plusieurs fois par minute, et que les orbes réellement décrites par les oiseaux voiliers durent beaucoup plus longtemps que ces fluctuations du vent.

En l'absence de tous résultats expérimentaux utilisables jusqu'ici dans ce domaine (car il n'existe jusqu'à présent aucune étude expérimentale systématique des vitesses respectives et relatives d'un vent et d'un oiseau dans ce vent, et par ailleurs on ignore à peu près tout de ce qu'est la résistance de l'air pour des vitesses accélérées), il est prudent de s'abstenir, en ce qui concerne le vol à voile des oiseaux, de se baser sur des formules élémentaires manifestement fort éloignées des faits. La « turbulence » du vent telle qu'on l'observe ne semble pas représentable par ces formules. Comme l'a remarqué Lanchester, qui est un des principaux théoriciens de ces questions, on constate « l'impuissance relative des méthodes mathématiques les plus avancées en face des problèmes les plus simples de la dynamique des fluides réels [3] ».

Ce qu'il importe c'est de faire des expériences sur les deux points suivants au sujet desquels nous manquons encore de données : 1° observation

---

(1) *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst.*

(2) *Comptes rendus, loc. cit.*, p. 680.

(3) LANCHESTER, *Aérodonétique* (traduit de l'anglais), Gauthier-Villars, 1916, *passim.*

des vitesses et des directions respectives et relatives des oiseaux voiliers et du vent; 2° détermination des coefficients de résistance de l'air dans un courant accéléré.

ASTRONOMIE. — *Conséquences du fait que toutes les étoiles, y compris le Soleil, ont dû passer par la phase de Nova.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Quand, en 1905, j'ai prévu que le Soleil avait été une Nova et édifié sur cette base la cosmogonie dualiste et tourbillonnaire, on pouvait croire que cette hypothèse avait eu bien peu de chances de s'être réalisée : aujourd'hui elle apparaît comme une réalité démontrée par les statistiques du professeur Bailey. En effet en recherchant combien de Novæ dépassant la dixième grandeur à leur maximum avaient apparu par an en moyenne depuis 30 ans, il arrive au chiffre de 40 : en négligeant les cas les moins marquants, M. Bailey en retient au moins 15 par an. Si maintenant avec Shapley, on admet qu'au cours des millénaires passés la moyenne a été 5 fois moins forte, il y aurait eu pendant 500 millions d'années (durée minimum de l'évolution géologique) au moins 1,5 milliard de Novæ apparaissant, c'est-à-dire plus que ne révèlent d'étoiles les statistiques de Shapman et Melotte. Ainsi *toutes les étoiles, y compris le Soleil, auraient été des Novæ*, ce qui justifie mon hypothèse précitée. Cette conclusion serait encore valable même si, au cours de leur évolution, un certain nombre d'étoiles avait passé plusieurs fois par la phase de Novæ.

Une première conséquence du résultat de Bailey est qu'il faut réviser la théorie d'évolution de Russell où l'on ne savait d'ailleurs la place à donner aux étoiles du type O : car, par évolution gravitative selon la théorie d'Eddington, les étoiles de grande masse ne semblaient pouvoir atteindre que le type B et, d'autre part, on ne s'expliquait pas le petit nombre (dépassant à peine la centaine) des étoiles du type O vers lequel évoluent les Novæ.

Il faut donc admettre que les étoiles du type Wolf et Rayet ont atteint leur température effective dépassant celle des étoiles du type B non par évolution gravitative, mais par l'énorme dégagement de chaleur produit à la surface par la collision d'une Nova. Alors la théorie d'Eddington ne leur est plus applicable puisqu'elle suppose la température décroissant du centre à la surface, alors que dans les étoiles du type O, grâce au choc des

Novæ qui leur ont donné naissance, il y aurait, au moins temporairement, un maximum de température à la surface. On s'explique alors que les étoiles du type O soient si peu nombreuses : elles constituent en effet une anomalie à l'égard de l'évolution normale gravitative et la surface d'une Nova rayonne à la fois vers l'extérieur et vers l'intérieur de l'étoile dont les couches profondes sont ainsi réchauffées. Ce double rayonnement à une température effective qui peut atteindre 30000° à 40000° explique le peu de durée d'une radiation aussi intense. Ainsi la Nova après avoir atteint le type O doit descendre rapidement à la température effective qui correspond à la condensation gravitative due à sa masse et avoir une durée qui n'est peut-être que de l'ordre de 100000 ans dans le type O. D'ailleurs si dans l'Univers, grâce aux chocs cosmiques aujourd'hui démontrés si fréquents, se poursuit depuis l'origine la dégradation de l'énergie cinétique en chaleur, il est probable que les vitesses primitives des astres stellaires ou nébuleux étaient beaucoup plus grandes qu'aujourd'hui où quelques étoiles seulement dépassent la vitesse de 500^{km} dont l'une RZ Céphée atteint même 1100^{km}.

Une autre conséquence des recherches de Bailey est qu'il faut tenir compte, dans le bilan de la chaleur solaire ou stellaire, de la part importante due au choc reçu par toute étoile au moment de sa phase de Nova. On expliquerait ainsi la radiation des géantes du type M sans avoir recours à l'énergie atomique.

On peut aussi conclure de la généralité de la phase de Nova qui, selon la cosmogonie dualiste, donne naissance à un système planétaire, que la plupart des étoiles sont entourées, comme le Soleil, de planètes et de comètes : les nébulosités divergentes dont s'entourent les Novæ et dont le diamètre angulaire (5″ à 17″) indiquent les grandes dimensions réelles, pourraient n'être que les nappes planétaires issues des Novæ en pulsation ou les couches de matières légères repoussées par leur radiation et sélectionnées ainsi dans la nébuleuse qu'elles ont rencontrée. Enfin la statistique de Bailey fournit un critérium de réalité pour les hypothèses cosmogoniques : toute hypothèse qui exclut pour le système solaire primitif la phase d'évolution brusquée qui caractérise une Nova, a une très faible probabilité de correspondre à la réalité cosmique.

HYDROGRAPHIE. — *Recherche des hauts-fonds à l'aide de la drague divergente.* Note de M. J. Rouch.

En 1912, l'Académie des Sciences a décerné un de ses prix à la drague divergente inventée par l'amiral Ronarch pour le dragage des mines sous-marines. Cet instrument a fait ses preuves pendant la guerre et a rendu de grands services aux marines alliées.

En 1923, à la suite du naufrage du cuirassé *France* sur une roche inconnue, le Service hydrographique a eu l'idée d'appliquer la drague divergente à la recherche des hauts-fonds. La deuxième escadrille de dragage a été chargée d'explorer pendant l'été à l'aide de ces appareils les chenaux d'accès du port de Brest. Dans la région limitée au Nord par la Pointe Saint-Mathieu, au Sud par le Cap de la Chèvre, 24 hauts-fonds qui avaient échappé aux sondages hydrographiques ordinaires ont été découverts. Plusieurs de ces hauts-fonds, d'une profondeur inférieure à 10^m, alors que la carte indiquait des profondeurs supérieures à 15^m et même 20^m, présentaient un grand danger pour les gros bâtiments et les sous-marins. La drague divergente s'est ainsi révélée un instrument de recherche hydrographique de premier ordre.

Au point de vue géographique, beaucoup de ces roches nouvelles sont situées dans le prolongement des lignes de roches déjà signalées. C'est ainsi par exemple que la suite bien connue des Tas de Pois se prolonge sous l'eau par une série de Tas de Pois sous-marins.

Les roches du Toulinguet sont prolongées vers le Sud-Ouest par un chapelet d'écueils qui barrent tout le chenal du Grand Léach.

Dans le Goulet, la ligne des Fillettes et de la roche Pollux rejoint la Basse Hermine par un écueil de $9^m,40$ de profondeur.

Un scaphandrier est descendu sur treize de ces roches nouvelles. Presque toutes sont en forme d'aiguille très élancée, très abrupte. Pour arriver à sonder leur profondeur exacte, le scaphandrier avait souvent toutes les peines du monde à les escalader pour placer sur leur tête le plomb de sonde. Ainsi la roche découverte dans le Goulet de Brest entre la Basse Hermine et la roche Pollux est constituée par un petit plateau de 14^m de profondeur et de 5^m à 6^m de diamètre à sa partie supérieure. Ce plateau monte presque à pic des profondeurs de 23^m marquées sur les cartes. Au-dessus du plateau surgissent deux colonnes séparées par une

distance de moins de 5^m. L'une d'elles atteint la profondeur de $9^m,40$, l'autre la profondeur de $10^m,30$.

La roche découverte à l'ouest des Tas de Pois est aussi une aiguille surgissant à pic de profondeurs de 18^m à 22^m et montant jusqu'à la profondeur de $9^m,50$. La pente de cette aiguille est plus douce vers le Nord que vers le Sud.

Les roches sous-marines découvertes sont certainement aussi déchiquetées que les roches terrestres voisines. On peut se demander si ces formes accidentées ont pu être réalisées par une érosion sous-marine seulement, ou si plutôt les roches actuellement sous les flots ont été déchiquetées par l'érosion atmosphérique, avant d'être submergées par un mouvement positif de la mer, dont on retrouve tant de traces sur les côtes bretonnes. Il semble que la deuxième hypothèse doive être préférée à la première et, dans ce cas, nous aurions une preuve nouvelle de ce mouvement de submersion.

PHYSIQUE. — *Moments magnétiques de rotation et orientation moléculaire magnétique.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. A. Haller.

Dans sa théorie du magnétisme M. Langevin a montré (¹) que le mouvement de rotation d'une molécule était parfaitement capable d'entraîner ses électrons dans son mouvement et en particulier d'entraîner l'axe magnétique de cette molécule, celle-ci étant peu déformée du fait de l'agitation thermique.

Nous pouvons voir facilement qu'un corps en rotation aura l'aspect — pour des observateurs fixes — d'un corps polarisé magnétiquement s'il ne l'était pas initialement ou, de manière plus générale, présentera une intensité de polarisation variable avec la vitesse angulaire de sa rotation. La démonstration de ce fait réside dans les considérations suivantes : M. Larmor a montré (²) dans un cas particulier que les équations du mouvement d'un ensemble d'électrons prenaient la même forme en présence d'un champ magnétique que par rapport à des axes en rotation sans champ magnétique. Ce théorème complété par M. Langevin (³) dans le cas de lois d'actions quelconques conduit à cette conclusion que les trajectoires élec-

(¹) P. Langevin, *Ann. Ch. Ph.*, t. 5, 1905, p. 70.
(²) J. Larmor, *Phil. Trans.*, 1897.
(³) P. Langevin, *loc. cit.*

troniques dans un champ magnétique sont les mêmes que pour une rotation d'ensemble autour de la direction du champ avec la vitesse angulaire $\omega = -\frac{He}{2m}$, H étant le champ magnétique et $\frac{e}{m}$ le rapport de la charge à la masse des électrons.

Inversement, un mouvement de rotation ayant la vitesse angulaire ω aura pour effet de produire une polarisation magnétique, relativement aux observateurs fixes, de grandeur

$$\mathfrak{I} = -2\frac{m}{e}\chi\omega,$$

χ étant la susceptibilité diamagnétique de la substance. Cet effet est en relation étroite avec le phénomène étudié par M. Richardson, Einstein et de Haas ([1]) sur le moment de quantité de mouvement des corps ayant un moment magnétique.

La petitesse de cette quantité pour les rotations que nous pouvons produire rend à peu près impossible la démonstration de son existence par une expérience directe.

Au contraire, l'agitation thermique fait intervenir, même aux températures ordinaires, des vitesses de rotation moléculaires extrêmement grandes en raison de la petitesse des moments d'inertie que l'on peut évaluer par l'étude des spectres d'absorption ou des chaleurs spécifiques suivant la théorie des quanta. On trouve facilement qu'une molécule de gaz chlorhydrique par exemple possède à température ordinaire une vitesse angulaire moyenne de l'ordre de 10^{13}.

On peut voir d'après cela que, si les molécules sont placées dans un champ magnétique, les couples qui s'exerceront par action du champ sur les moments magnétiques de rotation seront supérieurs en général à ceux dus aux seuls effets de polarisation créés par le champ. Il y a donc lieu de faire intervenir ces actions dans les théories d'orientation moléculaire magnétique et dans les phénomènes qui en dépendent : susceptibilité diamagnétique et biréfringence magnétique ainsi que l'ont montré MM. Cotton et Mouton ([2]) et M. Langevin ([3]). Le résultat de cette étude faite du point de vue de la théorie statistique classique et qui paraîtra ailleurs est le suivant :

([1]) J. DE HAAS, *Congrès Solvay de* 1921.

([2]) A. COTTON et MOUTON, *Ann. de Ch. Ph.*, t. 11, 1907; t. 19, 1910; t. 20, 1910.

([3]) P. LANGEVIN, *Journ. de Phys.*, t. 7, 1910.

L'orientation magnétique dépend à la fois de l'anisotropie magnétique et de l'anisotropie inertiale, un ensemble de molécules magnétiquement isotropes peut présenter les phénomènes d'orientation moléculaire si elles présentent une anisotropie inertiale. L'étude de cette orientation dans un cas particulier ne modifie pas la loi de dépendance en fonction de la température et du champ établie par M. Langevin.

RADIOLOGIE. — *Sur l'emploi des gaz lourds en radiodiagnostic.* Note de MM. **R. Ledoux-Lebard**, **A. Lepape** et **A. Dauvillier**, présentée par M. Charles Moureu.

L'emploi de substances opaques, susceptibles de produire des ombres portées plus intenses qu'elles ne le seraient sans cet artifice, est depuis longtemps d'un usage général en radiodiagnostic.

A cet effet, on utilise tantôt — et le plus souvent — des composés d'éléments de nombres atomiques élevés (carbonate de bismuth, sulfate de baryum, etc.), soit à l'état solide ou pâteux, soit en suspension dans des liquides, tantôt des gaz (air, oxygène, acide carbonique, etc.).

Des travaux récents, dus en particulier à Sicard et à ses collaborateurs, montrent tout le parti que l'on pourra tirer de l'emploi des gaz lourds, étant donné surtout le développement acquis depuis quelques années par la technique des injections de corps gazeux légers (insufflations, pneumo-péritoine, pneumo-rein, etc.).

Il semblait donc intéressant *a priori* de chercher à utiliser, en vue du radiodiagnostic, des gaz lourds, c'est-à-dire des corps joignant à leur opacité vis-à-vis des rayons X les avantages techniques dus à l'état gazeux.

On pouvait songer à utiliser d'une part les *halogénures de méthyle*, tels que CH^3Br, d'autre part les gaz rares tels que le *krypton* et le *xénon*.

Si les premiers peuvent absorber une fraction importante de rayonnement et fournir par suite des ombres intenses, ils ne semblent cependant pas susceptibles, en raison de leur toxicité ou de leurs propriétés caustiques et irritantes, d'une application suivie sur l'organisme vivant. Leur usage paraît actuellement restreint au domaine de la physique pure (mesures ionométriques, etc.) [1].

---

[1] Signalons à ce sujet l'emploi, fait par l'un de nous, du xénon — au lieu de CH^3I — pour remplir la chambre d'ionisation exploratrice d'un nouveau dosimètre absolu à lecture directe (A. Dauvillier, *Congrès pour l'avancement des Sciences*, Bordeaux, 1923).

Les seconds, au contraire, paraissent présenter toutes les qualités requises pour permettre leur emploi en biologie; et il semble dès à présent que leur utilisation, même chez l'homme, soit possible. Une série d'expériences en cours nous renseignera plus complètement à cet égard. Mais il ne paraît pas douteux que leur inertie chimique absolue les désigne comme particulièrement appropriés à ce but.

L'idée de leur emploi nous avait été depuis longtemps suggérée par d'autres recherches. Mais l'impossibilité où l'on se trouvait, jusqu'ici, de se procurer des quantités appréciables de krypton ou de xénon lui ôtait tout intérêt pratique. Il n'en est plus de même aujourd'hui, car il se peut que bientôt l'industrie soit en mesure de fournir ces gaz rares dans des conditions permettant d'envisager leur emploi en radiologie clinique.

C'est pourquoi nous avons cherché à acquérir dès maintenant quelques données sur la technique de leur utilisation et nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie des radiographies prises sur une grenouille avant et après insufflation de krypton, préparé par l'un de nous. Sur la radiographie de la grenouille, dans la trachée de laquelle est placé le tube permettant l'insufflation, on voit que le gaz apparaît aussi opaque que les tissus de l'animal. L'emploi sur l'homme est par conséquent tout indiqué.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la résistivité électrique de l'aluminium commercial.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il est couramment admis que la résistivité de l'aluminium exprimée en microhms-cm³ est : $\rho = 2{,}79$ microhms-cm² : cm à 20°.

Il n'y a pas de données précises sur l'influence des impuretés et des traitements mécaniques. Nos recherches ont eu pour but de fixer ce point. A cet effet, nous avons déterminé la résistivité d'aluminiums de différents degrés de pureté et ayant subi des traitements mécaniques divers. Les recuits ont été effectués à la température de 450° pendant 30 minutes.

1° *Métaux coulés.* — Le tableau suivant résume les résultats :

Si pour 100.	Fe pour 100.	Métal brut.	Métal recuit.	$\frac{\rho \text{ brut}}{\rho \text{ recuit}}$
0,32	1,30	3,33	3,23	1,031
0,16	0,83	3,06	3,02	1,013
0,47	0,49	3,14	3,08	1,023
0,23	0,18	2,94	2,93	1,002

Ces essais font apparaître le rôle important des impuretés. Le silicium à poids égal agit avec plus d'intensité que le fer pour abaisser la conductibilité; ceci s'explique par l'existence d'une solution solide Al-Si à faible teneur en Si.

Le métal recuit présente une résistivité plus faible que le métal brut de coulée et la différence est d'autant plus accusée que le métal est plus impur.

2° *Métaux ayant subi des traitements mécaniques.* — Notre conclusion étayée sur une centaine d'essais est que les traitements mécaniques ont une très faible influence sur la résistivité; cette influence se fait d'autant plus sentir que le métal est plus impur.

La conclusion est la même, qu'il s'agisse de traitements ne produisant pas d'écrouissage (laminage à chaud, filage à la presse) ou donnant un écrouissage (tréfilage, étirage).

Voici quelques exemples des résultats obtenus, en partant de lingots ronds d'un diamètre de 100^{mm} :

a. — Métaux laminés.

Si pour 100.	Fe pour 100.	Section, carré de :	Métal brut.	Métal recuit.	$\frac{\rho \text{ brut}}{\rho \text{ recuit}}$.
0,89	0,91	42^{mm}	3,11	3,00	1,036
		10	3,21	2,97	1,080
0,68	0,53	42	3,07	2,95	1,039
		10	3,12	2,90	1,074
0,51	0,42	42	3,01	2,91	1,051
		10	2,94	2,89	1,013
0,25	0,24	42	2,86	2,82	1,014
		10	2,87	2,81	1,020

b. — Métaux filés.

Si pour 100.	Fe pour 100.	Section circulaire (diamètre).	Métal brut.	Métal recuit.	$\frac{\rho \text{ brut}}{\rho \text{ recuit}}$.
0,89	0,91	50^{mm}	3,15	2,98	1,054
		8	3,36	3,02	1,116
0,68	0,53	50	3,10	2,93	1,057
		8	3,22	2,94	1,095
0,51	0,42	50	3,04	2,92	1,038
		8	3,08	2,92	1,056
0,25	0,24	50	2,89	2,86	1,010
		8	2,90	2,88	1,009

c. Métaux étirés. — Les différents échantillons ont été tréfilés en partant de fil de section ronde de 7^{mm} de diamètre, sans aucun recuit pour atteindre le diamètre final.

Si pour 100.	Fe pour 100.	Section circulaire (diamètre).	Métal brut.	Métal recuit.	$\frac{\text{brut}}{\text{recuit}}$.
		mm 5,74	3,16	2,94	1,070
0,89	0,91	4,03	3,20	2,95	1,083
		2,55	3,25	2,97	1,092
		5,77	3,06	2,91	1,049
0,68	0,53	4,04	3,07	2,91	1,051
		2,52	3,09	2,95	1,045
		5,10	2,98	2,89	1,031
0,51	0,42	4,03	2,99	2,91	1,025
		2,51	3,01	2,91	1,031
		5,72	2,83	2,83	1,000
0,25	0,24	4,00	2,84	2,82	1,009
		2,51	2,89	2,86	1,009

Conclusions. — En résumé, nos essais permettent de conclure que :

1° La résistivité de l'aluminium le plus pur du commerce est de 2,8 microhms-cm² : cm à l'état recuit.

2° Les impuretés ont une influence marquée sur la résistivité qui dépasse 3,2 avec les aluminiums à 98,5 pour 100 Al.

3° Le silicium paraît avoir une influence plus grande que le fer sur l'augmentation de résistivité, ce qui s'explique par les états sous lesquels se trouvent ces impuretés dans l'aluminium commercial.

4° Les traitements mécaniques, même ceux apportant de l'écrouissage, n'augmentent que fort peu la résistivité, surtout dans les aluminiums les plus purs.

5° Il semble que la vitesse de refroidissement ait une certaine influence sur la résistivité, celle-ci s'accroissant lorsque la vitesse augmente. Cela provient, sans doute, de la mise en solution d'une partie du silicium. Toutefois, cette conclusion, pour être certaine, mérite de nouveaux essais actuellement en cours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décomposition de l'ammoniaque par les rayons ultra-violets et loi d'équivalence photochimique.* Note [1] de M. **W. Kuhn**, présentée par M. Jean Perrin.

La loi d'équivalence photochimique d'Einstein, d'après laquelle une molécule pour réagir doit absorber un quantum $h\nu$, s'est trouvée vérifiée pour certaines réactions ($O^3 \rightarrow O^2$, $O^2 \rightarrow O^3$, HBr, HJ, etc.); dans un certain nombre de cas, on trouve 2, 3 ou $4h\nu$ par molécule (NH^3, Cl^2O, $COCl^2$, SO^2Cl^2, aldhéhyde, $KMnO^4$, etc.); enfin pour beaucoup de réactions on observe une disproportion très grande entre le nombre de quanta absorbés et le nombre de molécules réagissantes (H^2O^2, acétone, $H^2 + Cl^2$, ac. oxalique, ac. maléique → ac. fumarique, etc.). Pour l'ammoniaque, Warburg a trouvé qu'il faut $4\,h\nu$ par NH^3.

Nous avons étudié l'action des rayons 2025-2140 en faisant varier les conditions physiques différentes.

La source lumineuse est une forte étincelle condensée de résonance : courant primaire 105 volts, 60 ampères, secondaire 40 000 volts; électrodes en zinc de 15^{mm}. Les raies sont isolées avec un monochromateur en quartz formé de trois lentilles de 8^{cm} et un ou deux prismes Cornu de 5^{cm}. C'est le montage qui avait été utilisé par V. Henri et ses collaborateurs en 1913 et 1914.

L'ammoniaque obtenue par décomposition de $2AgCl, 3NH^3$ était parfaitement sèche et contenait moins de 0,1 pour 1000 d'impuretés.

La réaction était suivie par la méthode de manomètre différentiel avec une précision de $0^{mm},01$ de Hg. Elle était produite dans trois cuvettes différentes : 1° cuvette en verre avec deux faces en quartz collées à la paraffine, 30^{mm} de hauteur, $3^{mm},3$ de largeur, $10^{mm},5$ de profondeur; 2° cuvette analogue ayant seulement 1^{mm} de profondeur; 3° même cuvette tout entière en quartz fondu soudé.

Résultats. — 1° Dans un grand nombre d'expériences faites avec le monochromateur à un prisme le nombre de quanta absorbés par molécule de NH^3 décomposée varie de 2 à 2,5. Ce nombre est indépendant de la pression, celle-ci variant entre 900^{mm} et 5^{mm} de Hg.

2° Dans l'intervalle entre 10° et 20°, la vitesse de décomposition est indépendante de la température.

---

[1] Séance du 22 octobre 1923.

3° La vitesse de décomposition photochimique est indépendante de la grandeur des surfaces de quartz. Ce fait est important, car la décomposition thermique de NH^3 se produit plus vite en présence de quartz (expériences de Bodenstein et Kranendick, 1912).

4° La vitesse de la réaction est indépendante de la présence de sodium métallique introduit dans la cuvette; ceci montre que les traces minimes d'eau n'influencent pas cette réaction.

5° En lumière totale la réaction se poursuit jusqu'à la décomposition complète en H^2 et N^2 et la vitesse est proportionnelle à l'énergie absorbée.

6° Les solutions aqueuses de NH^3 ne donnent pas trace de décomposition dans les mêmes conditions d'éclairage.

7° Lorsque la dispersion est augmentée, par exemple par l'emploi de deux prismes, ce qui permet de ne faire agir que la raie 2063, le nombre de quanta nécessaires pour décomposer une molécule devient égal à 3,4 et même augmente jusqu'à 10, lorsque la monochromatisation est très bonne. Ce résultat intéressant au point de vue théorique sera encore étudié plus en détail.

8° L'énergie nécessaire pour scinder une molécule de H^2 en deux atomes $H + H$ étant égale à 84000^{cal}, celle de la dissociation $N^2 = N + N$ étant 140000^{cal} [Smyth [1], 1923] et la dissociation d'une molécule-gramme NH^3 en N^2 et H^2 nécessitant 11000^{cal}, on trouve pour la réaction

$$NH^3 = N + H^2 + H$$

une absorption de 123000^{cal}, et pour la réaction $NH^3 = N + H + H + H$ 207000^{cal}. Or un quantum $h\nu$ pour la raie 2063 correspond à 128000^{cal} par molécule-gramme, l'énergie fournie par l'absorption d'un quantum suffirait bien pour la première réaction, mais est insuffisante pour la deuxième. On entrevoit ainsi la possibilité d'une explication du fait que plusieurs quanta sont nécessaires pour la décomposition d'une molécule de NH^3, ainsi que de la variabilité de la vitesse de décomposition avec le degré de monochromatisation des radiations ultraviolettes.

---

(1) Smyth, *Proc. Roy. Soc.*, t. 104, 1er août 1923, p. 121.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ortho-cyclohexyl-cyclohexanol.* Note de M. **Pierre Bedos**, présentée par M. Haller.

Nous avons signalé précédemment, en collaboration avec M. Godchot, que l'action des organo-magnésiens sur l'oxyde de cyclohexène et sur l'oxyde du Δ_3-méthyl-cyclohexène donnait naissance à des homologues ortho-substitués du cyclohexanol; cette méthode nous avait permis de préparer un ortho-méthyl-cyclohexanol (1), un diméthyl-cyclohexanol (2) et un ortho-phényl-cyclohexanol (3) qui semblent être des stéréo-isomères des alcools secondaires déjà obtenus par divers autres procédés. La présente Note a pour but d'indiquer les résultats obtenus dans l'action du chlorure de cyclohexyl-magnésium sur l'oxyde de cyclohexène.

En suivant la technique déjà indiquée, et par le même processus, nous avons pu obtenir, en faisant réagir le chlorure de cyclohexyl-magnésium sur l'oxyde de cyclohexène, et avec un assez bon rendement, un ortho-cyclohexyl-cyclohexanol :

$$H^2C\langle(H^2C-CH^2)(H^2C-CH)\rangle CH\rangle O \rightarrow H^2C\langle(H^2C-CH^2)(H^2C-CH)\rangle CH\rangle O\langle{}^{C^6H^{11}}_{MgCl}$$

$$\rightarrow H^2C\langle(H^2C-CH^2)(H^2C-CH-O-MgCl)\rangle CH-C^6H^{11} \rightarrow H^2C\langle(H^2C-CH^2)(H^2C-CH-OH)\rangle CH-C^6H^{11}.$$

Cet alcool se présente sous la forme d'un liquide incolore, bouillant vers 134°-136° sous une pression de 13^{mm}; sa densité à 18° est égale à 0,971, et son indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température est égal à 1,4914 (RM calculée pour $C^{12}H^{22}O = 54,65$, trouvée $= 54,28$); sa phényluréthane est constituée par de beaux prismes fusibles à 122°.

L'oxydation de cet alcool par l'acide chromique en solution acétique nous a permis d'obtenir l'ortho-cyclohexyl-cyclohexanone

$$H^2C\langle(H^2C-C{=}O)(H^2C-CH^2)\rangle CH-C^6H^{11},$$

(1) Godchot et Bedos, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 461.
(2) Godchot et Bedos, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1411.
(3) Bedos, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 111.

liquide incolore bouillant vers 128°-130° sous une pression de 12^{mm}; sa densité à 22° est égale à 0,969, et son indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température est égal à 1,4840 (RM calculée pour $C^{12}H^{20}O = 53,319$, trouvée $= 53,14$); sa semicarbazone commence à fondre lentement en se décomposant vers 175° et fond nettement vers 180°-182°.

Il nous a paru intéressant de rechercher si, comme dans les cas signalés dans les Notes précédentes, l'alcool préparé par nous et décrit ci-dessus était un stéréo-isomère d'un ortho-cyclohexyl-cyclohexanol obtenu par un autre procédé, en particulier par l'hydrogénation à l'aide de la méthode au platine colloïdal, mise au point par M. Vavon, de l'α-cyclohexyl-cyclohexanol, obtenu lui-même par réduction de l'α-cyclohexylidène-cyclohexanone par l'alcool absolu et le sodium.

L'ortho-cyclohexyl-cyclohexanol engendré ainsi se présente sous la forme d'un liquide incolore, bouillant vers 136°-138° sous une pression de 13^{mm}, et paraît être un mélange de deux stéréo-isomères. En effet, soumis à l'action de l'isocyanate de phényle, il nous a fourni un mélange de cristaux fusibles d'une part, entre 108° et 112°, d'autre part entre 122° et 128°, difficiles à séparer nettement malgré un grand nombre de cristallisations répétées.

Si l'on commence par hydrogéner par le platine colloïdal l'α-cyclohexylidène-cyclohexanone, et si l'on réduit ensuite par l'alcool absolu et le sodium l'ortho-cyclohexyl-cyclohexanone ainsi obtenue, on obtient les mêmes résultats que précédemment.

Il semble donc que, par notre méthode, on obtienne un seul des stéréo-isomères théoriquement possibles, tandis que par les deux méthodes précédentes on arrive à un mélange des isomères *cis* et *cis-trans*.

Quant à l'oxydation chromique en solution acétique de ces mélanges d'alcools, elle a fourni l'ortho-cyclohexyl-cyclohexanone, en tous points identique à celle que nous avons décrite ci-dessus [$E_{12} = 128°-130°$, semicarbazone $F = 180°-182°$], ce qui, entre parenthèses, est une vérification de la formule de constitution que nous avions attribuée à l'ortho-cyclohexyl-cyclohexanone.

En résumé, il semble résulter de ces recherches qu'il existe, ainsi que nous l'avons signalé précédemment en étudiant l'action de divers organo-magnésiens sur l'oxyde de cyclohexène et sur l'oxyde du Δ_3-méthyl-cyclohexène, et ainsi que la théorie le prévoit, deux ortho-cyclohexyl-cyclohexanols stéréo-isomères, l'un, probablement le *cis*, obtenu par nous

dans l'action du chlorure de cyclohexyl-magnésium sur l'oxyde de cyclohexène, et un autre, obtenu, mélangé à son isomère, dans l'hydrogénation de l'alcool ou de la cétone non saturés correspondants.

MINÉRALOGIE. — *Sur la détermination des minéraux par l'examen microscopique de leur trace laissée sur un corps dur.* Note de M. **P. Gaubert**.

La trace que laisse un minéral sur un disque en biscuit de porcelaine est employée couramment pour caractériser les minéraux colorés et les essais au touchau sont encore en usage pour la détermination rapide du titre approximatif des bijoux en or. L'emploi de la rayure peut être, non seulement généralisé et appliqué à tous les minéraux, mais aussi rendu beaucoup plus précis, par l'examen microscopique et par des essais microchimiques.

Le trait est tracé sur une des faces, convenablement dépolie à l'émeri, d'une lame de verre porte-objet. Pour rendre à la lame sa transparence primitive, le trait est couvert avec un liquide, dont l'indice de réfraction est voisin de celui du verre, et sur lequel on place le couvre-objet. Toutes les parcelles du minéral formant la raie apparaissent alors au microscope avec une parfaite netteté et peuvent être étudiées individuellement. Il en est d'excessivement petites à côté de beaucoup plus grosses. Il s'en trouve presque toujours ayant les dimensions convenables pour l'étude microscopique et permettant d'examiner :

1° *Leur forme.* — Elle met en évidence la malléabilité de la substance quand il s'agit de certains métaux par l'existence de filaments plus ou moins larges et plus ou moins longs (argent, cuivre, or natifs, etc.), les clivages par la forme géométrique des fragments (galène, stibine, carbonates rhomboédriques, blende, etc.), la friabilité, la forme de la cassure, etc.

2° *Leur transparence* (1). — A l'exception des métaux et de la plupart des sulfures, arsenio et antimoniosulfures, presque tous les minéraux sont transparents et très souvent leur couleur est caractéristique. Ainsi la blende, parmi les sulfures, pourra être reconnue, ses parcelles déposées par la rayure, étant incolores ou plus ou moins brunes suivant la quantité de fer qu'elle contient.

3° *Leurs propriétés optiques.* — Ce sont celles qui peuvent être déterminées avec les préparations microscopiques des roches, toutefois avec cette

(1) Pour la couleur de la poussière, la transparence et les propriétés optiques, voir l'Ouvrage de M. A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, Paris, 1893-1913.

différence, que les parcelles formant la trace ont habituellement des épaisseurs plus faibles que celles des minéraux des plaques minces, ce qui permet de mettre en évidence la transparence des minéraux presque opaques (wolfram, tantalite, columbite, etc.). Le polychroïsme, la biréfringence, le degré de transparence, caractérisent, par exemple les minéraux à poussière rouge (cinabre, pyrargyrite, proustite, hématite, cuprite, etc.), qui se distinguent immédiatement les uns des autres.

L'examen des clivages et des propriétés optiques suffit souvent pour déterminer les minéraux laissant une trace blanche. Ainsi, la barytine et l'anhydrite se distinguent l'une de l'autre par la biréfringence de leurs parcelles.

La détermination des indices de réfraction par l'emploi de liquides d'indices connus, peut se faire sur la lame qui a servi à produire la trace, malgré que le dépoli de la plaque soit visible avec des liquides dont l'indice est assez éloigné de celui du verre.

Les fragments déposés sur la lame par le minéral peuvent être soumis à l'action des réactifs habituels : acides chlorhydrique, azotique, sulfurique et les essais microchimiques ordinaires sont possibles. Mais à cause de la quantité infime de matière formant la trace, il y a avantage à examiner les produits directs de l'attaque au lieu des cristaux dus à l'addition d'un réactif donnant un précipité plus ou moins insoluble.

Les sels obtenus directement par l'attaque peuvent être très solubles, leurs cristaux n'en sont pas moins caractéristiques. Ainsi la galène ou tout autre composé plombifère, traité par l'acide azotique, convenablement dilué, donne par évaporation de la goutte, des cristaux octaédriques ou des cristallites caractéristiques de nitrate de plomb. Une parcelle de galène dont le poids est inférieur à 0,00001 de milligramme, permet de reconnaître l'existence du plomb. Il en est de même du baryum qu'on peut, en outre, caractériser par les cristaux monocliniques du chlorure à 2 équivalents d'eau. Les cristaux rhomboédriques de nitrate d'argent, assez biréfringents, indiquent la présence de ce métal dans les galènes argentifères.

Des minéraux ayant la dureté du verre (6 environ) ou même un peu plus durs, peuvent laisser une trace s'ils sont très fragiles ou facilement clivables (pyroxènes, amphiboles, etc.), mais pour ceux dont la dureté ne dépasse pas 7, on peut employer une lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe et dépolie à l'émeri sur une des faces. L'effet du pouvoir rotatoire du quartz peut être annulé par une rotation convenable de l'un des nicols.

L'examen microscopique de la trace offre encore l'avantage de recon-

naître le degré de pureté d'un minéral (hématite, cinabre, etc.), et en outre l'attaque par les acides donne immédiatement des indications précieuses dans le cas où les composants entrant dans le mélange se dissolvent inégalement (mélanges de sulfures, calcaires argileux, dolomitiques, phosphatés, etc.).

Pour vérifier la détermination, il suffit de tracer à côté de la raie du minéral essayé une autre raie avec un échantillon connu et de comparer les propriétés des particules formant les traces.

En résumé, l'examen microscopique de la trace produite par un minéral sur une lame de verre ou une plaque de quartz convenablement dépolie, permet de la déterminer plus rapidement qu'avec la poudre. Il présente en outre l'avantage de n'employer qu'une quantité très faible de matière, obtenue sans aucun dommage pour l'échantillon essayé, ce qui est très avantageux dans le cas où il s'agit de cristaux.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'activité et la corrélation des molaires et des maxillaires des mastodontes et des éléphants.* Note de M. **Sabba Stefanescu.**

Suivant Otto Aichel [1], les molaires des éléphants, pendant leur existence, jouent un rôle passif comparativement à l'activité du maxillaire. D'après cet auteur, « il est certain que la troisième molaire inférieure, gardant sa place, est passivement mise en liberté par la croissance de la branche ascendante du maxillaire (p. 77)... ». Or, d'après mes recherches, les faits suivants n'appuient pas cette manière de voir :

a. Au moment où les couronnes des M_3 de droite et de gauche commencent à sortir de l'alvéole, toutes leurs lames sont disposées de telle manière, par rapport à la longueur de la branche horizontale du maxillaire, que leurs directions prolongées à l'intérieur de la bouche se rencontrent et *limitent des angles à ouverture dirigée en avant.* Au même moment, les couronnes des M_2 de droite et de gauche sont complètement sorties de l'alvéole et usées par la mastication. Les directions de toutes leurs lames prolongées à l'intérieur de la bouche se rencontrent et *limitent des angles à ouverture dirigée en arrière.* A n'importe quel moment, les directions de toutes les lames des couronnes de M_2, M_3 de droite et de gauche prolongées à l'extérieur de la

[1] *Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer, unter besonderer Berücksichtigung von* Elephas *und* Manatus. Berlin, 1918.

bouche *se rencontrent en un point* situé respectivement à droite ou à gauche, suivant qu'il s'agit de la moitié droite ou de la moitié gauche du maxillaire.

De tous ces faits il s'ensuit que les M, M_3 *de chaque moitié du maxillaire inférieur sont disposées suivant la direction d'un arc de cercle dont le centre est situé à l'extérieur de la bouche, et que les lames de leurs couronnes sont disposées suivant les directions des rayons de cet arc de cercle.*

b. Au fur et à mesure que les couronnes des M_3 de droite et de gauche sortent de l'alvéole, les directions de leurs lames changent. Au moment où elles sont complètement sorties de l'alvéole, les directions de leurs lames postérieures prolongées à l'intérieur de la bouche se rencontrent et *limitent des angles à ouverture dirigée en avant*, tandis que les directions de leurs lames antérieures prolongées dans les mêmes conditions *limitent des angles à ouverture dirigée en arrière*.

Le passage de la position des lames postérieures à la position des lames antérieures, et par conséquent le renversement des angles limités par le prolongement de leurs directions à l'intérieur de la bouche, est un fait que personne à ma connaissance n'a encore signalé. Ce fait, auquel j'attache une importance capitale, peut être vérifié sur les figures des deux maxillaires d'*Elephas antiquus* publiées par Dietrich [1]. Il nous prouve que les molaires, des éléphants sont douées de vitalité et d'activité propre, comme l'avait déjà reconnu Georges Cuvier : chez l'éléphant « la dent se meut d'arrière en avant... », et « ce mouvement de la dent active... [2] ».

D'ailleurs Aichel lui-même attribue aux molaires un certain rôle actif. D'après cet auteur, les molaires inférieures de l'éléphant exécutent trois sortes de mouvements (p. 54) dont deux seraient dus exclusivement à la croissance du maxillaire (p. 55-57, 64-77), par conséquent *passifs*, et le troisième seul serait dû au développement inégal des diverses branches de la racine (p. 57-60), par conséquent *actif*.

II. L'activité propre des molaires se manifeste surtout par le rôle physiologique des racines, lesquelles, chez les M_1, M_2, M_3 des mastodontes et des éléphants s'allongent de haut en bas, s'infléchissent d'avant en arrière et se dirigent de l'extérieur vers l'intérieur. Par l'activité des racines, la couronne des molaires est donc relevée de bas en haut, poussée d'arrière en

(1) *Archiv für Biontologie*, t. 4, fasc. 1; *Elephas antiquus* Recki, pl. II, fig. 1-2. Berlin, 1916.

(2) *Ossements fossiles*, t. 1 : *Sur les ossements d'Éléphants*, 1821, p. 39.

avant et renversée de l'intérieur à l'extérieur de la bouche. Tous ces mouvements exécutés par les molaires se propagent d'avant en arrière, au fur et à mesure que leurs racines s'organisent dans le même sens. Ils ne s'auraient s'accomplir si des modifications corrélatives n'avaient pas lieu dans l'organisation du maxillaire.

III. A son origine, le germe de la molaire est indépendant de l'os du maxillaire. Il conserve son indépendance jusqu'au moment où autour de lui commence à s'organiser une poche osseuse qu'Aichel a dénommée *os saculi dentis* (p. 26, 81), et qu'avant d'avoir pris connaissance de son travail, j'ai dénommée *périodonte* [1].

a. D'après Aichel, le périodonte de la molaire n'adhère et ne fusionne pas avec l'os du maxillaire jusqu'au moment où le maxillaire cesse de s'allonger en arrière, au delà de la molaire (p. 26, 81). Or, d'après mes recherches, le périodonte s'organise d'avant en arrière, comme la couronne et la racine de la molaire, et au fur et à mesure de son organisation, il adhère d'abord et fusionne ensuite avec le périodonte de la molaire antérieure et avec l'os du maxillaire.

b. Du moment que l'adhérence et la fusion du périodonte et de l'os du maxillaire commencent à s'opérer, une corrélation de plus en plus étroite entre ces organes s'établit. *Les molaires et les maxillaires sont donc des organes actifs et corrélatifs; leur activité corroborative concourt en premier lieu à l'accomplissement de la mastication et en dernier lieu à l'expulsion des molaires.*

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Plantagacées. Développement de l'embryon chez le* Plantago lanceolata *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Chez le *Plantago lanceolata*, l'embryon se développe selon les lois générales qui ont été déjà décrites au sujet des Crucifères [2], de l'*Œnothera*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 148.

(2) R. Souèges, *Nouvelles recherches sur le développement de l'embryon chez les Crucifères* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, t. 19, 1914, p. 311); *Les premières divisions de l'œuf et les différenciations du suspenseur chez le* Capsella Bursa-pastoris *Mœnch* (*Ibid.*, 10e série, t. 1, 1919, p. 1).

biennis [1], du *Mentha viridis* [2], du *Veronica arvensis* [3] et de l'*Hippuris vulgaris* [4]. Mais les ressemblances sont tout particulièrement étroites avec ces deux dernières espèces, car, dans les trois cas, l'hypophyse tire son origine de la même cellule du proembryon.

Les figures 1 et 2 montrent la position que vient occuper l'embryon au milieu du tissu endospermique; elles permettent également d'assister à la différenciation, aux dépens des premières cellules de l'albumen, de gigantesques suçoirs, chalazien et micropylaires, qui finissent par se ramifier très abondamment dans le placenta. La cellule apicale, *ca*, du proembryon bicellulaire (*fig.* 3) se segmente selon des processus maintenant bien connus en quatre cellules-quadrants circumaxiales (*fig.* 6), puis, par divisions transversales, en huit octants (*fig.* 8) dont les quatre supérieurs engendrent la partie cotylée et les quatre inférieurs l'hypocotyle. La cellule basale, *cb*, se divise toujours avant la cellule apicale et donne deux éléments superposés *m* et *ci* (*fig.* 4); après constitution de la tétrade (*fig.* 5), ces deux éléments se séparent à leur tour transversalement pour engendrer une file de quatre cellules : *d* et *f* issues de *m*, *n* et *n'* issues de *ci* (*fig.* 6). Au terme de ces divisions, le proembryon se trouve composé de huit éléments : quatre ayant pris naissance aux dépens de la cellule apicale et quatre aux dépens de la cellule basale. A partir de ce moment, la multiplication cellulaire se montre, dans les éléments supérieurs, beaucoup plus active que dans les cellules inférieures. Celles-ci se segmentent toutes transversalement : d'abord la cellule *n'*, la plus inférieure, puis la cellule *n*, sa sœur (*fig.* 7 et 8); un peu plus tard les cellules *d* et *f*. En règle très générale, comme le prouvent les figures 9, 10 et 11, la cellule *d* entre en division avant la cellule *f*. La cellule-fille supérieure de *d* devient la cellule hypophysaire, *h* (*fig.* 10), tandis que sa cellule-fille inférieure, avec tous les autres éléments issus de *f*, de *n* et de *n'* donne naissance au suspenseur proprement dit.

On a déjà vu, au sujet du *Veronica arvensis* et de l'*Hippuris vulgaris*, que l'hypophyse, chez ces plantes, tire également son origine de la cellule-fille supérieure de l'élément *d* du proembryon. Cette identité d'origine de l'une des parties essentielles de l'embryon permet d'établir entre les trois espèces, des rapports particulièrement étroits. C'est pour déterminer le plus exactement possible ces relations qu'il est nécessaire de suivre, d'une manière très

---

[1] R. Souèges, *Embryogénie des Œnothéracées. Développement de l'embryon chez l'*Œnothera biennis *L.* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 946).

[2] R. Souèges, *Embryogénie des Labiées. Développement de l'embryon chez le* Mentha viridis *L.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1057; *Recherches sur l'embryogénie des Labiées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 68, 1921, p. 441).

[3] R. Souèges, *Embryogénie des Scrofulariacées. Développement de l'embryon chez le* Veronica arvensis *L.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 703).

[4] R. Souèges, *Recherches embryogéniques sur l'*Hippuris vulgaris *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 529).

serrée, la marche des segmentations dans tous ces exemples qui viennent se rattacher si intimement au type classique du *Capsella Bursa-pastoris*. Il est maintenant évident que, chez ces formes, l'intérêt de toute recherche embryogénique réside uniquement dans l'histoire de l'hypophyse, qui

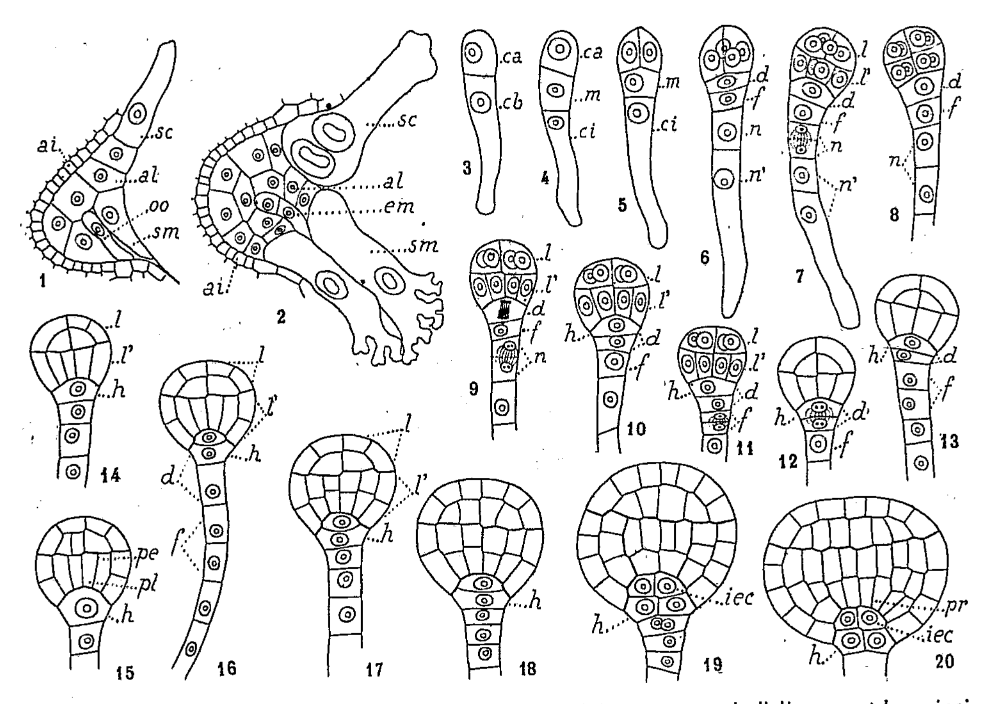


Fig. 1 à 20. — *Plantago lanceolata* L. — Les premiers cloisonnements de l'albumen et les principales étapes du développement de l'embryon. *al*, albumen; *ai*, assise interne du tégument ovulaire; *sc*, suçoir chalazien; *sm*, suçoirs micropylaires; *oo*, oospore; *em*, proembryon bicellulaire; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, hypophyse; *l* et *l'*, les deux étages supérieurs du proembryon; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 185 pour les figures 1 et 2; 370 pour les figures 3 à 20.

possède selon les groupes une origine différente. Chez l'*Œnothera biennis*, c'est la cellule intermédiaire, *m*, de la tétrade qui lui donne naissance; chez le *Mentha viridis*, elle se développe le plus souvent aux dépens de la cellule *d*, fille de *m*; chez le *Veronica arvensis*, l'*Hippuris vulgaris* et le *Plantago lanceolata*, elle est engendrée par la cellule-fille supérieure de *d*, petite-fille de *m*; enfin chez le *Capsella Bursa-pastoris* l'hypophyse tire son origine d'une cellule plus jeune encore d'une génération. Ces caractères différentiels, quoique peu constants, n'en sont pas moins utiles pour se faire une idée des modifications insensibles que peuvent subir les lois du déve-

loppement dans une série plus ou moins étendue de formes embryonnaires. La notion d'hypophyse, qui ne se trouve pas applicable dans tous les cas, peut être admise ici dans son acception la plus rigoureuse, telle qu'elle résulte des fonctions mêmes de cette cellule. C'est d'ailleurs, au sujet d'une des plantes dont il vient d'être question, que ce terme a été introduit dans le langage propre aux recherches embryogéniques.

La zygomorphie de la fleur, la réduction du nombre de ses pièces ou leur concrescence, l'unique et épais tégument ovulaire et la différenciation de son assise la plus interne, la résorption rapide du nucelle, le cloisonnement de l'albumen au fur et à mesure des divisions nucléaires, la formation, du côté chalazien et du côté micropylaire, de vastes cellules haustoriales sont autant de caractères qui, en outre des processus du développement embryonnaire, relient très étroitement le *Plantago lanceolata* à l'*Hippuris vulgaris* et aux Scrofulariacées. Il y a tout lieu de supposer que les mêmes rapports embryogéniques se retrouvent chez la plupart des Gamopétales à fleur irrégulière.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un procédé de bouturage en milieu liquide stérile*. Note de M. **J. Dauvergne** et M[lle] **L. Weil**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Au cours d'essais sur la culture des plantes en milieu stérile artificiel issues de graines, nous avons été amenés à entreprendre des recherches analogues en partant de boutures.

La technique que nous avons imaginée n'a été appliquée par nous qu'aux boutures ligneuses; nous nous réservons, d'ailleurs, d'essayer d'étendre cette méthode aux boutures herbacées.

Nous avons choisi pour nos essais des plantes se présentant dans de bonnes conditions générales, propres à permettre la reprise des boutures (aoûtement, état de la végétation, saison, espèce, etc.).

On choisit une tige présentant un entre-nœud assez long pour pouvoir passer à travers la bourre d'un vase de culture et atteindre le liquide qui y est enfermé.

On habille la partie supérieure de la branche choisie avec du papier bien propre, dans lequel on enferme les feuilles ou les rameaux que l'on veut conserver, et que l'on fixe à la tige, immédiatement au-dessous du dernier nœud, avec un fil; cette opération a pour but d'empêcher les contaminations

venant des parties supérieures de la branche, au cours des manipulations; on coupe nettement l'extrémité inférieure de la tige avec un sécateur flambé.

On carbonise ensuite légèrement la section ainsi faite à l'aide de la veilleuse d'un bec Bunsen, puis on la fait affleurer à la surface d'un bain de paraffine bouillante; la paraffine monte le long de la tige, aussi ce traitement doit-il être très court.

La carbonisation et le paraffinage de la section de la tige ont pour objet de boucher les vaisseaux et d'empêcher, lors de la stérilisation ultérieure, l'absorption des liquides antiseptiques nuisibles à la plante.

La bouture ainsi préparée est tenue à la main de façon que la partie inférieure plonge légèrement dans une capsule de porcelaine renfermant de l'alcool à 95° et l'on brosse, avec un pinceau à poils durs imprégné de ce liquide, toute la surface libre de la tige; on enlève ainsi les poussières qui étaient adhérentes au bois; on voit en effet l'alcool devenir trouble et noirâtre.

La partie inférieure libre de la bouture est immergée en entier dans le liquide antiseptique choisi renfermé dans une éprouvette de verre (solution aqueuse de bichlorure de mercure à 1 pour 1000 ou bien solution aqueuse ou alcoolique d'aldéhyde formique à 5 pour 1000; la stérilisation dure 20 minutes; on sort la bouture, puis on lave rapidement la partie stérilisée avec de l'eau distillée stérilisée, et on l'introduit dans le goulot du flacon de culture renfermant le liquide minéral approprié et stérilisé; une bourre de coton stérile est disposée autour de la tige, puis on capuchonne soigneusement avec du papier.

Nous avons obtenu, en employant cette méthode, des boutures de vigne vierge, de sureau et de troëne qui ont très bien repris, se sont couvertes de nombreuses feuilles et de nouveaux rameaux, et qui ont gardé un aspect florissant pendant environ six mois; le liquide de culture était limpide, exempt de microbes et d'algues, les racines saines. Le troëne est toujours vivant; quant à la vigne vierge et au sureau, leur culture a été arrêtée brusquement, en pleine végétation luxuriante, par suite du renversement accidentel des vases de culture qui s'est produit récemment à l'exposition du Centenaire de Pasteur, à Strasbourg, où ces plantes étaient exposées en dernier lieu.

PARASITOLOGIE VÉGÉTALE. — *La Rouille jaune du blé* (Puccinia glumarum) *en* 1923. Note de M. **J. Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

L'année 1923 a été, du moins en Auvergne, très caractérisée par une violente invasion de Rouille jaune qui a duré toute la période de végétation, tandis que *P. triticina* et moins encore *P. graminis*, ne faisaient que timidement leur apparition vers le milieu de juillet. Nous avons donc pu faire dans les cultures (pédigrés et collections) de blé de la Station régionale de la 7e région agricole, que nous avons organisée et dirigée, des observations sur cette Rouille, dans des conditions exceptionnellement favorables. Elles portent sur 1800 pédigrés de variétés diverses et sur plus de 200 variétés mises en collection. Nous en publierons ailleurs le détail.

Il faut naturellement chercher dans les conditions météorologiques les causes de cette épidémie. L'automne, puis la période précritique, comportent une quantité d'eau anormale : 167^{mm} en octobre contre 58^{mm} de moyenne; 76^{mm} en avril contre 50^{mm}; température très douce en hiver. Peu d'eau pendant la « période critique » (les trois décades qui précèdent l'épiage et celle qui l'accompagne), soit 46 à 57^{mm}, tandis que le chiffre des meilleures années est de 70 à 120 [1]. Mais les conditions ont, d'autre part, favorisé la rétention de l'eau : si pendant les huit premiers jours de mai la température élevée provoque un départ actif de la végétation et une précocité anormale très favorable à la Rouille jaune, elle s'abaisse ensuite d'une façon considérable et permanente jusqu'en juillet. Il y a donc rétention d'eau dans le sol [2] et dans la plante et mise en état de réceptivité du fait du ralentissement de la végétation après son départ hâtif. C'est seulement dans la deuxième décade de juillet, où la température s'élève brusquement, que *P. triticina* et *P. graminis* apparaissent, trop tard d'ailleurs pour être nuisibles. Dans ces conditions, la Rouille jaune produit tout l'été ses urédospores presque sans téleutospores, tandis que les deux autres Rouilles évoluent beaucoup plus vite, donnant presque simultanément, et comme à la hâte, leurs urédospores et téleutospores.

---

(1) J. Beauverie, *Influence de la hauteur d'eau météorique pendant la période critique du blé sur le rendement* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 707).

(2) Dans le sol rapporté, très perméable, du Jardin botanique de Clermont, l'épidémie de Rouille jaune fut beaucoup moins intense, sur les mêmes variétés, qu'à la station au sol argilo-calcaire.

Il faut donc rattacher cette épidémie de Rouille jaune à l'hiver doux, à la grande pluviosité d'avril, au coup de chaleur du début de mai, causant une précocité anormale, suivis d'une humidité froide persistant fort avant durant la période de végétation du blé. Il faut à la Rouille brune et à la Rouille noire des conditions toutes différentes pour qu'elles se développent avec quelque intensité.

L'épidémie battait son plein fin mai, les variétés les plus sensibles, notamment le Bon fermier, étaient jaunes du haut en bas; jauni aussi était le sol par la poussière des spores. Les épis furent ensuite envahis et l'année est bonne pour recueillir des matériaux en vue de l'étude du rôle des spores intra-séminales.

Si nous extrayons de la liste de plus de 200 variétés de blé que nous avons notées au point de vue de leur sensibilité au *P. glumarum*, quelques cas intéressants, nous pouvons signaler les suivants (les notes vont de 1 à 5 : 0 et 1 indiquant l'immunité ou la grande résistance, et 5 la plus grande susceptibilité.

0 et 1. Hybride de la Paix (la résistance de cet hybride de grande culture doit être mise en relief), Riéti X Japhet, Goldendrop (rouge d'Écosse), Bretonnière, Montcalme XXII, Carré vaudois, Wilson, Blé de Savoie, Dattel, Browick, roux de Champagne, H. de Travenant, Poulard à 6 rangs, Roseau, Engrain commun, Blé du Mont Hermon, Tumonia, etc., etc.

2. H. des Alliés, Cérès, Cazeaux, Victoria d'automne, Touzelle d'Issoire (Poulard), H. de Massy, Vuitebœuf, Vaumarcus, Squarehead 240 (Colmar), Aurore, Marquis, Chiddam de mars, Riéti, Altkirch, Bordeaux d'Alsace, Poulard blanc lisse, Gironde améliorée, Aubaine blanche, etc., etc.

3. Hybride inversable, Carlotta Strampelli, Poulard d'Auvergne, Bordeaux, Gironde (Benoist), Bordeaux 214 (Colmar), Saisette d'Arles, H. de Rimpau, Briquet jaune, Poulard dit « Taganrog », P. à 6 rangs, H. du Trésor, H. Vilmorin 23, blé Seigle, Thaoudar, etc., etc.

4. Japhet, Touzelle de Provence, Crépi, H. de Lamed, Xérès, Arnaoutka, Pétanielle noire de Nice, etc., etc.

5. Bon fermier, gros bleu, Noé, rouge de Bordeaux, rouge de Saint-Laud, Bladette de Besplas, P. d'Australie, Blé de Pologne, H. de l'Argonne, H. de Champlan, etc., etc.

La précocité est un élément important de réceptivité à la Rouille jaune et le coup de chaleur de la première décade de mai, combiné avec l'abaissement ultérieur de la température, a été une des causes déterminantes de l'épidémie de 1923.

Considérés à la même date, les blés *tardifs* sont bien moins atteints par la Rouille jaune que les blés plus précoces, mais ils pourront l'être ulté-

rieurement quand ils auront atteint l'âge qu'avaient les premiers à l'instant de l'observation. Pour cela, il faudra que les conditions restent favorables au *P. glumarum*, mais, s'il n'en est pas ainsi, ils lui échapperont. Par conséquent, la tardivité confère des chances d'échapper au *P. glumarum* (avec des risques d'échaudage), mais elle expose, d'autre part, aux atteintes de *P. triticina* et surtout de *P. graminis*; cette dernière, particulièrement, étant la rouille de la fin de la végétation du blé et pouvant être très nocive. Dans le courant de juillet seulement, les blés les plus tardifs de notre collection ont été attaqués par *P. triticina* d'abord, et enfin par *P. graminis*.

On voit d'après cela combien il importe de distinguer les trois rouilles et l'impossibilité de résoudre à la fois pour toutes trois la question de résistance du blé par le choix de lignées ou variétés soit tardives, soit précoces : en le sauvant de l'une on l'exposera aux autres! Il faut cependant distinguer des variétés (peut-être des lignées) chez lesquelles la sensibilité ou la résistance sont permanentes, quel que soit l'âge, par exemple Bon fermier pour la sensibilité, Hybride de la Paix pour la résistance.

BOTANIQUE. — *Le gonflement des graines et la pression osmotique du milieu.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Lorsque l'on plonge des graines dans de l'eau, elles se gonflent rapidement, par absorption du liquide, et atteignent le maximum de leur volume en un temps qui varie, en moyenne, de 12 à 24 heures. Le même phénomène se produit lorsqu'on les plonge dans une solution saline très diluée (par exemple du chlorure de sodium à 2 pour 100) ou assez concentrée (par exemple du chlorure de sodium à 20 pour 100). Mais il est bien évident, sans même qu'il soit besoin de faire d'expériences pour le constater, que, si l'on augmente beaucoup la concentration, l'eau doit pénétrer de plus en plus difficilement, et, finalement, cesser lorsque la pression osmotique du milieu est supérieure à celle des cellules constituant la graine. Pour fixer les idées à cet égard, j'ai pris, comme semences, des graines de diverses Légumineuses (*Fève*, *Pois*, *Haricot*, *Lupin*, *Soya*), et, comme milieu osmotique, des solutions plus ou moins concentrées de saccharose dans de l'eau, la température variant de 10° à 20°.

Sans entrer dans le détail des observations, je me contenterai de résumer les principaux résultats obtenus et qui sont les suivants [1] :

1° Le gonflement des graines de *Soya* se manifeste dans des solutions à 40, 45, 60, 65 pour 100, se ralentit à 68 pour 100 et cesse à 70 pour 100.

2° Le gonflement des graines de *Fève de Séville*, de *Pois Michaux*, de *Haricot flageolet blanc* se manifeste dans des solutions à 40, 45, 50, 60 pour 100; il est modéré dans une solution à 65 pour 100 et n'a pas lieu dans une solution à 70 pour 100.

3° Le gonflement des graines de *Lupin blanc* se manifeste dans des solutions à 40, 45, 50 pour 100; il est modéré dans une solution à 60 pour 100 et n'a pas lieu dans une solution à 70 pour 100.

On peut donc dire que les graines de Légumineuses examinées cessent toutes de se gonfler dans une solution de saccharose à 70 pour 100, mais la pénétration de l'eau peut encore se manifester, quoique ralentie, dans des solutions à 68 pour 100 (*Soya*), à 65 pour 100 (*Fève, Pois, Haricot*) et à 60 pour 100 (*Lupin blanc*), d'où l'on peut conclure que la pression osmotique des cellules, dans les semences en question, est d'environ 44^{atm} pour la *Soya;* de 41^{atm} pour la *Fève*, le *Pois*, le *Haricot;* de 39^{atm} pour le *Lupin*, c'est-à-dire, au total, une pression osmotique très sensiblement supérieure à celle des parenchymes des plantes adultes, même riches en matières de réserve comme, par exemple, celle de la *Betterave*, qui n'est guère que de 20^{atm}.

Les chiffres indiqués ci-dessus ne sont, bien entendu, relatifs qu'aux Légumineuses étudiées; ceux relatifs à d'autres semences peuvent être notablement inférieurs. Ainsi en est-il, par exemple, des semences où les matières de réserve sont, presque exclusivement, amylacées : celles du *Blé* ne se gonflent plus dans une solution de saccharose à 45 pour 100 et celles du *Maïs dent-de-cheval*, dans une solution à 30 pour 100, c'est-à-dire que leur pression osmotique est inférieure à, environ, 30^{atm} (*Blé*) et 20^{atm} (*Maïs dent-de-cheval*).

La conclusion la plus générale qui se dégage de cette Note est que *la pression osmotique des cellules des graines est en général considérable*, ce que pouvait faire prévoir l'abondance de leurs matières de réserve.

---

[1] On ne peut donner que des nombres approximatifs car les graines sont très variables et, dans un même lot d'exemplaires paraissant identiques, les unes se gonflent bien et les autres mal ou, même, parfois certaines pas du tout, de même d'ailleurs que cela peut se contrôler, même dans l'eau pure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les lévulosanes dans les céréales.*
Note de MM. **H. Colin** et **H. Belval**, présentée par M. Lindet.

Müntz [1] croyait apercevoir une différence essentielle entre le seigle et les autres céréales en raison de la présence, dans le seigle, d'un hydrate de carbone spécial, identique au synanthrose de Popp.

Il voyait là un moyen de reconnaître l'addition frauduleuse de farine de seigle dans la farine de blé. Plus tard [2], il est vrai, il trouva le même synanthrose dans le blé, l'orge et l'avoine, mais seulement avant la maturité; à l'époque de la moisson, les grains, selon lui, n'en renfermaient plus.

Depuis lors, Tanret a démontré que le synanthrose n'a pas d'existence propre et n'est autre chose qu'un mélange de sucre de canne et de diverses lévulosanes. Les analyses de Müntz n'en gardent pas moins une certaine valeur en ce sens qu'on doit s'attendre à rencontrer des lévulosanes partout où l'illustre agronome a signalé la présence du synanthrose. De fait, Tanret [3] a retiré de l'orge, du blé, du seigle un principe lévogyre nettement défini, la lévosine.

Toutefois les conclusions de Müntz et celles de Tanret ne sont pas toujours concordantes; ces divergences nous ont déterminé à reprendre l'étude de la maturation des grains, en vue d'apporter une réponse précise à cette question : quelles sont les céréales à lévulosanes?

Voici les principaux résultats de ces recherches, dont l'ensemble fera l'objet d'un Mémoire plus étendu.

Seigle. — Le seigle est, par excellence, la céréale à lévulosanes; dans les grains à peine formés, les principes lévogyres représentent jusqu'à 40 pour 100 de la matière sèche; on trouve encore de la lévosine en petite quantité dans les grains mûrs et dans la farine.

Blé. — La répartition des lévulosanes est la même que dans le seigle. Toutefois la teneur est un peu moins élevée. Nous avons publié précédemment [4] une série d'analyses effectuées sur un blé de Vilmorin à grand rendement, le blé des Alliés. Nous sommes en mesure d'ajouter qu'eu égard à la présence des lévulosanes, le groupe des blés offre la plus grande homo-

---

(1) Müntz, *Comptes rendus*, t. 87, 1878, p. 679.
(2) Müntz, *Ann. Sc. nat. bot.*, 7e série, 1886, p. 45.
(3) Tanret, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 5, 1891, p. 724.
(4) H. Colin et H. Belval, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 343.

généité, qu'il s'agisse des blés tendres ou des blés durs, des variétés sélectionnées ou des types rustiques : blé de Pologne, Epeautre, Amidonnier, Engrain commun, *Triticum dicoccoïdes*.

Dates des récoltes.	Variétés analysées.	Hydrates de carbone (pour 100 du poids frais) solubles.					insoluble
		$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	R.	S.	L.	A.
	SEIGLE.						
7 juin	Seigle géant de Russie.	−17	−67	0,81	2,13	8,16	2,61
15 »	Seigle géant de Russie.	−16	−69	0,75	1,30	7,32	5,16
7 juillet	Seigle géant de Russie.	0	−45	0,31	1,13	1,98	24,70
26 » (moisson)	Seigle géant de Russie.	0	−58	traces	0,95	1,64	75,66
	BLÉ.						
5 juillet	Blé tendre	−11	−45	1,45	0,95	1,78	4,45
5 »	*Triticum durum* Medeah	− 6	−59	0,54	0,90	4,55	12,00
9 »	Blé dur du Wallaga.	0	−38	0,27	0,39	0,74	29,60
9 »	*Triticum polonicum*.	− 4	−57	0,30	0,60	1,35	25,20
13 »	Epeautre.	+13	−45	0,14	0,19	0,50	33,20
13 »	Amidonnier.	+28	−40	traces	0,60	0,69	26,80
20 »	Engrain commun.	0	−51	0,19	0,30	0,31	26,80
20 »	*Triticum dicoccoïdes*.	0	−49	0,33	0,16	1,26	19,76
28 » (moisson)	Blé des Alliés.	+49	−19	0,10	0,50	0,25	51,50
	ORGE.						
7 juillet	Orge carrée de printemps.	− 2	−40	0,70	0,52	1,16	26,25
28 » (moisson)	Orge Albert.	+35	−20	0,20	0,46	0,52	50,39
19 juin	*Hordeum murinum*.	−17	−62	0,42	0,56	2,99	16,10
	AVOINE.						
7 juillet	Avoine noire d'hiver.	+ 5	−55	0,67	1,41	1,68	16,00
26 »	Avoine noire d'hiver.	+57	− 7	0,17	0,46	0	53,35
	MAÏS.						
11 octobre	Maïs dent de cheval.	0	−17	3,76	0,86	0	2,38
7 août	Maïs sucré, nain hâtif.	+ 5	−14	3,30	0,85	0	2,90
3 septembre	Maïs géant du Brésil.	+ 9	−11	3,76	1,02	0	2,75
28 août	Maïs nain précoce de Todaro.	+53	−16	0,63	2,44	0	20,16
	SARRAZIN.						
13 juillet	*Polygonum Fagopyrum*.	+51	0	0,35	0,63	0	19,30

Orge. — On ne peut que repéter, à propos de l'orge, ce qui vient

d'être dit du blé. Müntz n'apercevait plus de synanthrose dans les grains à l'époque de la maturité; cela n'a pas empêché Tanret d'extraire la lévosine des farines de blé et d'orge aussi bien que de la farine de seigle. La distribution des lévulosanes est identique dans ces trois céréales; les proportions seules diffèrent quelque peu.

Avoine. — A aucun moment de leur développement, Tanret n'a pu isoler des grains d'avoine la moindre trace de lévosine alors que Müntz y rencontrait toujours du synanthrose. Nos analyses établissent d'une façon certaine la présence de quelque lévulosane dans les chaumes verts et les grains en voie de formation; contrairement à ce qui se passe dans le seigle, l'orge et le blé, les principes lévogyres sont complètement résorbés à l'époque de la moisson, de sorte que la farine n'en renferme jamais.

Maïs. — Le maïs se comporte tout différemment : ici on n'aperçoit pas de lévulosane ni dans la tige ni dans l'épi. Quelle que soit la date des prélèvements, on ne trouve dans les grains, à côté de l'amidon, que du saccharose et des sucres réducteurs.

Sarrazin. — Le blé noir ne contient pas lui non plus de lévulosanes; dans aucun autre grain, les hydrates de carbone solubles, saccharose et sucres réducteurs, ne sont en aussi faible proportion par rapport à l'amidon.

Nous ne pouvons donner ici qu'un petit nombre d'analyses, toutes relatives aux grains. Nous avons dosé séparément les sucres réducteurs (R), le saccharose (S), les lévulosanes (L), l'amidon (A) et déterminé les pouvoirs rotatoires $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ de la réserve hydrocarbonée soluble avant et après inversion. On ne manquera pas d'observer que, dans tous les cas, les dextrines font absolument défaut.

CYTOLOGIE. — *La structure cytoplasmique d'une Coccidie* Adelina dimidiata *A. Schn., parasite de la Scolopendre* (Scolopendra cingulata *Latr.*). Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

L'évolution de l'*Adelina dimidiata* A. Schn. est connue depuis les recherches de Schneider (1886), de Léger et Duboscq (1903) et Schellack (1913). Les formations que nous pouvons reconnaître dans le cytoplasme de cette Coccidie sont, si l'on réserve la question de la volutine : 1° des *mitochondries*; 2° des *formations de Golgi*; 3° des *réserves albuminoïdes phosphorées*, terme général dont nous préciserons le sens par rapport au terme chromidie; 4° des réserves hydrocarbonées constituées par du *paraglycogène*.

1° *Mitochondries.* — Ce sont de très fines granulations dans le microgamète. Dans le mérozoïte ou le sporozoïte il en est de même au début de l'accroissement. A la fin de la croissance du schizonte, il y a en outre de petites chaînettes de trois à cinq granules. Le macrogamète qui grossit présente, à côté de ces deux formations, des chondriocontes et certaines de ses mitochondries se trouvent accolées aux réserves albuminoïdes qu'elles contribuent sans doute à former.

2° *Appareil de Golgi.* — Dans les stades jeunes, il apparaît sous la forme de très fines granulations ou de bâtonnets légèrement incurvés rappelant des mitochondries, mais se trouvant plutôt à la périphérie des jeunes gamontes ou schizontes. Pendant la croissance, ces éléments se répandent dans le cytoplasme. Les granules se groupent ensuite en petites plages, qui bientôt forment des masses dont on ne peut plus distinguer les éléments. Dans le macrogamète arrondi, la plupart des plages se fusionnent en une motte d'un volume semblable à celui du noyau et placée près de lui; l'appareil forme ensuite une seule masse hétérogène superposée au noyau. Au moment de la fécondation, la plus grande partie de cette masse émigre vers le pôle opposé au microgamète; ultérieurement, les deux mottes, centrale et polaire, reprennent la même importance. L'évolution de l'appareil de Golgi est donc différente de celle des mitochondries. Par la méthode de Hirchler (1916) on démontre l'existence simultanée des deux formations dans le même macrogamète. Ce résultat n'a pas encore été obtenu pour les formes jeunes.

3° *Réserves albuminoïdes phosphorées.* — Les granules de ces réserves apparaissent plus tardivement que ceux du paraglycogène. Les mérozoïtes et les jeunes éléments de la gamogonie en sont dépourvus. Il y a quelques granules dans le microgamète ayant atteint sa taille maxima, on ne les retrouve plus au moment de la formation des microgamètes. Dans le macrogamète, les corpuscules albuminoïdes s'accroissent en même temps que la Coccidie; de forme ovoïde ou circulaire, chacun est accolé à une formation mitochondriale, espèce de calotte qui croît avec la réserve qu'elle recouvre partiellement. Au stade de réduction de la pointe, les deux sortes de corpuscules de réserves, qui ont une taille comparable, forment une espèce de mosaïque dans le cytoplasme.

Une tendance à une localisation nouvelle apparaît au moment de la fécondation. Les corps albuminoïdes, dont la forme est alors le plus souvent circulaire, prédominent vers la périphérie, le paraglycogène étant plus abondant dans la zone périnucléaire. Les réserves albuminoïdes phosphorées

sont certainement les « boules de réserve » qui d'après Schellack (1913) « peuvent se colorer à l'hématoxyline par une forte surcoloration » et les grains chromatoïdes décrits par Léger et Duboscq (1903) dans la variété *Coccidioides*. Elles constitueraient des chromidies au sens de S. Comes (1907). Nous n'appelons chromidies que les formations d'origine nucléaire colorables au carmin. Il existe des grains chromidiaux dans les stades jeunes, ils sont relativement moins abondants et moins constants dans les stades d'assez grande taille.

4° *Paraglycogène.* — Il constitue la réserve la plus importante. Il est représenté dans le mérozoïte par une masse de fines granulations localisées à une des extrémités. Dans un schizonte qui s'accroît, il y a deux zones de paraglycogène, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière de la région périnucléaire. La zone postérieure a des granules plus abondants et un peu plus gros. Pendant la croissance, les granules augmentent légèrement de taille et se répandent dans le cytoplasme. Lors de la division nucléaire, ils se réunissent par petits amas dont la plupart se répartissent dans les mérozoïtes, les autres restant dans le reliquat. Dans certains barillets, des mérozoïtes sont pourvus de deux masses de paraglycogène, une à chaque extrémité ; ce sont peut-être les futurs gamontes. La disposition du paraglycogène dans le microgamétocyte développé ressemble à celle du schizonte. Plus tard, la localisation des réserves s'atténue. Le paraglycogène reste dans le reliquat à la formation des microgamètes qui en paraissent dépourvus.

Les granules d'un jeune macrogamète sont disposés comme ceux d'un schizonte, mais ils grossissent davantage dans la suite de l'évolution. La zone antérieure prend bientôt une importance semblable à celle du pôle postérieur, puis tout le cytoplasme est envahi, sauf la pointe. Pendant cet accroissement, les corpuscules de paraglycogène, d'abord sphériques, deviennent souvent ovoïdes, incurvés. A partir de la taille de $1^{\mu},5$ environ, on distingue en leur centre un point brillant, très réfringent, qui grossit en même temps que le corpuscule, tout en reproduisant son image. C'est là un vide résultant de la croissance, espèce de hile comparable à celui d'un grain d'amidon. Le maximum de taille, $2^{\mu},5$ environ, est atteint au moment de la fécondation; les corpuscules redeviennent ensuite plus petits et sphériques et passent sous cette forme dans les spores. La plus grande partie du paraglycogène reste inutilisée et l'on ne distingue que quelques granules dans le sporozoïte qui vient de se former.

Les quatre types de formations décrits dans l'*Adelina* : mitochondries, appareil de Golgi, réserves albuminoïdes et paraglycogène, semblent des

éléments constants dans la structure du cytoplasme des Sporozoaires; nous avons reconnu leur existence dans une autre Coccidie *Aggregata Eberthi* Labbé et dans une Grégarine, *Nina gracilis* Greb.

CYTOLOGIE. — *Coloration vitale de l'appareil vacuolaire chez les Péridiniens marins.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Au cours de la croisière du *Pourquoi-Pas ?* en 1922, j'ai pu, grâce à l'obligeance du commandant Charcot, réaliser des colorations vitales chez quelques Péridiniens récoltés dans le plankton. Ces observations m'ont paru apporter quelque lumière au sujet de la structure du corps chez ces organismes, en particulier en ce qui concerne leur appareil vacuolaire. A cet égard les observations déjà anciennes de Schütt ([1]), celles plus récentes de Kofoïd sont à ma connaissance les seules données que nous possédions. Schütt décrit chez les Péridiniens un appareil vacuolaire compliqué comprenant une *Sackvakuole*, une *Sammelvakuole*, des *Töchtervakuolen* et des *Nebenvakuolen*, enfin des *Saftkammern*. Ces dernières seules seraient homologues des vacuoles végétales, tandis que le reste n'aurait pas d'équivalents ailleurs. La *Sackvakuole* en particulier est une cavité s'ouvrant à l'extérieur par un orifice étroit et elle correspond évidemment aux *pusules* des auteurs plus récents. Kofoïd désigne en effet de ce nom, des sortes de vacuoles assez grandes qui s'ouvrent à l'extérieur, et il distingue nettement de ces pusules les vacuoles normales qui remplissent parfois tout le cytoplasme et les « food bodies », c'est-à-dire les inclusions constituées par les corps ingérés.

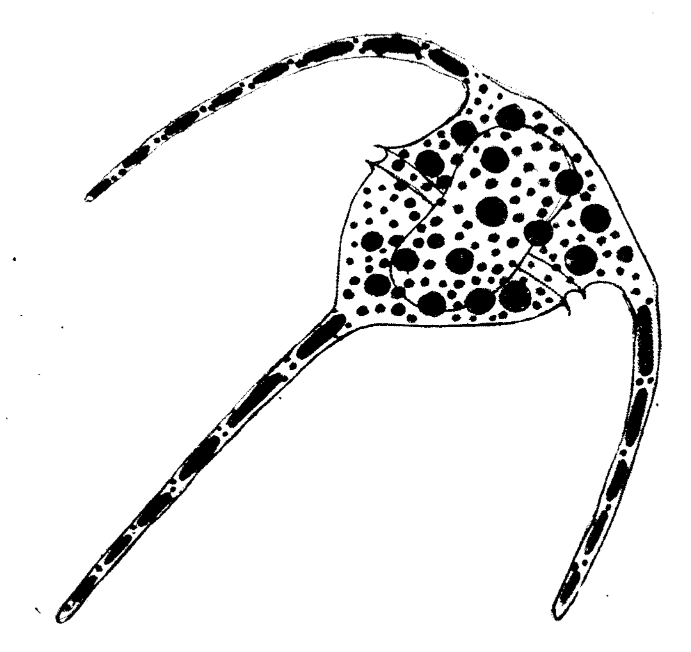
Or, par le moyen des colorations vitales, j'ai pu mettre en évidence chez plusieurs espèces de *Ceratium* et chez un *Peridinium* un ensemble de petites vacuoles dont le suc fixe énergiquement le rouge neutre.

La teinte prise est rouge orangé très foncé, ce qui laisse à penser que le suc est assez épais et de nature légèrement alcaline.

L'alcalinité paraît être cependant un peu moindre que celle de l'eau de mer à laquelle il est difficile de communiquer une teinte accentuée, le rouge neutre s'y dissolvant mal. Les vacuoles sont présentes chez les *Ceratium*, non

([1]) Schütt, *Ueber die organisationverhältnisse des Plasmaleibes der Peridineen* (*Sitzber. d. Kgl. Akad. der. Wiss.*, Berlin, 1892).

seulement dans le corps proprement dit, où elles sont au nombre de plusieurs centaines de toutes tailles, mais aussi dans les bras, où elles constituent des sortes d'index accompagnés de très petites vacuoles jusqu'à l'extrémité amincie.



Un individu de *Ceratium tripos* après coloration vitale montrant la disposition de son vacuome.

L'appareil vacuolaire des *Ceratium* appartient donc au type dissocié, qui est assez rare chez les Végétaux supérieurs et s'observe seulement dans des cas spéciaux (méristèmes, grains de pollen, plantules) [1]. Il doit correspondre à une disposition vacuolaire probablement très fréquente dans la cellule animale. Cet appareil ne s'ouvre pas au dehors : il est donc distinct des pusules de Kofoïd; il faut l'assimiler, au contraire, aux Saftkammern de Schütt et aux vacuoles normales de Kofoïd.

Comme les Péridiniens ont encore une place systématique discutée et qu'ils présentent par leur mode de vie des caractères animaux et végétaux associés, j'ai pensé qu'il était intéressant d'y signaler un système de vacuoles capable de fixer et d'accumuler les colorants vitaux, comme cela a lieu dans la cellule végétale. Ce n'est d'ailleurs pas sans difficulté que ces colorations vitales peuvent être obtenues, car les *Ceratium* sont très sensibles à la

(1) Pierre Dangeard, *Recherches de biologie cellulaire* (*Le Botaniste*, 15e série).

moindre perturbation de leur milieu naturel et ils n'ont pu être colorés que dans des solutions extrêmement diluées de rouge neutre et immédiatement après leur capture au filet fin.

PHYSIOLOGIE. — *Transformisme et hérédité*. Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

I. L'objet de cette Note est de tirer de nos précédentes recherches les *conditions fondamentales* du transformisme et de l'hérédité, conditions que de récentes critiques contre Lamarck semble avoir méconnues.

Lamarck, cependant, avait fait une double réserve à l'endroit des transformations organiques : d'une part, elles ne concernent que les êtres vivants *jeunes et longtemps soumis* aux agents modificateurs; d'autre part l'hérédité d'un caractère ainsi « acquis » exige qu'il soit transmis en même temps par les *deux parents*.

Une telle doctrine est de tous points conforme aux plus sûres données de la physiologie. Toutes les *adaptations fonctionnelles* que j'ai indiquées résultent en effet d'*une action lente et continue*. Pourquoi? Tout simplement parce qu'elles dépendent du phénomène de nutrition, opération lente qui change difficilement de lieu.

Or toutes circonstances mécaniques ou cosmiques qui provoquent l'*exercice répété* d'un organe y font affluer les liquides nourriciers. Ce fait, auquel nous avions donné le nom de *Loi de l'hégémonie fonctionnelle* (²), se vérifie rigoureusement chez tous les animaux. C'est ainsi, par exemple, que les glandes accroissent leurs sécrétions, les fibres musculaires augmentent de masse et changent de structure (Travaux de Marey, de Wilhelm Roux, de Weiss), que le tissu nerveux subit ces mêmes transformations. Pour le noter en passant, l'*Éducation physique* doit, elle aussi, elle surtout, procéder du Lamarckisme, en s'adressant à l'enfance saine et parfaitement nourrie, en la soumettant à un entraînement lent et continu qui élève l'énergie organique par degrés insensibles. Agissant de la sorte sur les personnes des deux sexes, elle peut conduire à des *races sélectionnées sportivement* et transmettant leurs qualités.

Par contre, toutes circonstances qui dépriment la nutrition affaiblissent

---

(¹) Séance du 5 novembre 1923.

(²) Jules Amar, *Organisation physiologique du travail*, p. 31 et 144; Paris, 1917 (Dunod).

la fonction et tendent à la faire disparaître. L'atrophie ou les aspects morphologiques anormaux suivent, *mais plus ou moins seulement*, cette perte de la fonction. En d'autres mots, la déchéance organique peut *décaler* sur la déchéance fonctionnelle. Celle-ci obéit, dans certains cas, à un *accident*, comme les ailes qui se brisent ou se brûlent, comme les mutilations. Celle-là au contraire est ralentie par la défense générale du corps, la *viviréaction*, dont nous avons dit les lois.

Par conséquent, *la marche parallèle de l'organe et de la fonction*, les changements qu'elle subit sous les influences cosmiques, ne sont possibles et persistants que s'ils sont déterminés par la nutrition, et par elle seule.

II. Nous avons montré à ce sujet ([1]) que l'homme vivant en montagne a des globules rouges et petits à cette condition unique : *être jeune et séjourner longtemps*. Sinon, pas d'adaptation de ce genre, qui est une adaptation nutritive par extension de la surface d'oxydation du sang. De même de toutes les adaptations vitales. Le protoplasma oppose à ces forces externes que sont la température, la pression, la radiation, le mouvement, *une très grande inertie*, d'ailleurs nécessaire pour éviter les chocs, les ébranlements incompatibles avec l'équilibre physiologique. De cette façon, pour qu'une transformation s'y produise, le facteur d'action doit *accumuler ses effets*. Le Lamarckisme est bien plus l'œuvre du temps que de l'énergie employée.

Oubliant cette condition *sine qua non*, Cuénot, par exemple, s'est trop souvent arrêté à de vaines critiques contre Lamarck. Voici d'abord son observation sur les Phasmes ([2]). L'embryon de ces insectes montre quelquefois des fémurs *amincis et incurvés* à l'endroit où la tête se trouve appuyée. Ce caractère, cette déformation, constate Cuénot, n'est ni générale ni héréditaire, car il est des phasmes (*Carausius morosus*) qui ne *la présentent* pas; « ce qui est, ajoute-t-il, une preuve très forte contre le Lamarckisme ». Très forte, assurément pas; un *accident* n'a point, physiologiquement, la valeur d'une variation lente et continue. Et quand on objecte les *mutilations d'organes* ([3]), on se trompe davantage, vu que la *circoncision*, pratiquée depuis des siècles, prouve que l'accident, l'acte violent et rapide, ne se transmet *jamais* à la descendance.

On détruirait également, par le rappel des conditions nécessaires de l'évolution, les faits invoqués par Cuénot et Mercier à propos de la « cataracte naphtalinique » non transmissible, et de l'indépendance d'atrophie que subissent les muscles du vol et les ailes chez des mouches Aptérines et Drosophiles; *il y a bien, par la perte du vol, atrophie des muscles vibrateurs*, mais celle des ailes est plus lente. Notre réponse se devine : la fonction et les organes qui la commandent se sont évanouis parallèlement, ainsi que le proclame la doctrine, tandis que les ailes, à nutrition plus faible, et dont même on pouvait couper une partie sans altérer le vol, dégénèrent plus tardivement.

([1]) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 921.

([2]) L. Cuénot, *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 835.

([3]) Cuénot et collaborateurs (*Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 611 et 1112).

III. *Conclusions.* — On a le droit de s'étonner que de savants biologistes se soient mépris sur la signification profonde du Lamarckisme. C'est que beaucoup d'entre eux sont hantés par la théorie des *caractères acquis*, en lesquels ils ne voient plus que des fictions. Mais cela aussi est antiscientifique. *Tous les caractères sont acquis*, et pour qu'ils méritent cette appellation il leur faut — et c'est suffisant — satisfaire aux conditions formulées par Lamarck. Ce qui est devenu héréditaire, « germinatif » pour parler comme Weismann, fut d'abord caractère acquis. Et tout revient, aujourd'hui, à réserver ce nom aux transformations *lentes et naturelles* des organismes, en les distinguant des accidents et transformations violentes si opposées à la marche des phénomènes biologiques [1].

BIOLOGIE. — *Rythmes lunaires de quelques Néréidiens.* Note de MM. **L. Fage** et **R. Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

De très curieux rythmes lunaires sont déjà connus chez divers animaux [2]. En ce qui concerne spécialement les Polychètes, trois espèces de Néréidiens ont été observées à ce point de vue : *Platynereis Dumerilii* (Aud. et M. Edw.), à Naples par Hempelmann [3], *Platynereis megalops* (Verrill) et *Nereis succinea* Leuck, à Woods Hole par Fr. R. Lillie et E. E. Just [4].

Ch. Gravier [5], rappelant récemment ces observations, écrivait : « Il y a très probablement, chez nombre de Polychètes de nos régions, surtout chez ceux qui présentent des phénomènes d'épigamie, une périodicité semblable, à l'étude de laquelle on ne s'est pas attaché jusqu'ici. »

---

(1) Weber vient de signaler (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 657) encore l'exemple de l'*opercule branchial* des Batraciens, auquel il dénie la qualité de caractère acquis. C'est en effet un *accident* du développement.

(2) Voir en particulier : H. Munro Fox, *Lunar Periodicity in living Organisms* (*Cairo Scient. Journ.*, vol. 11, 1923, p. 45-46).

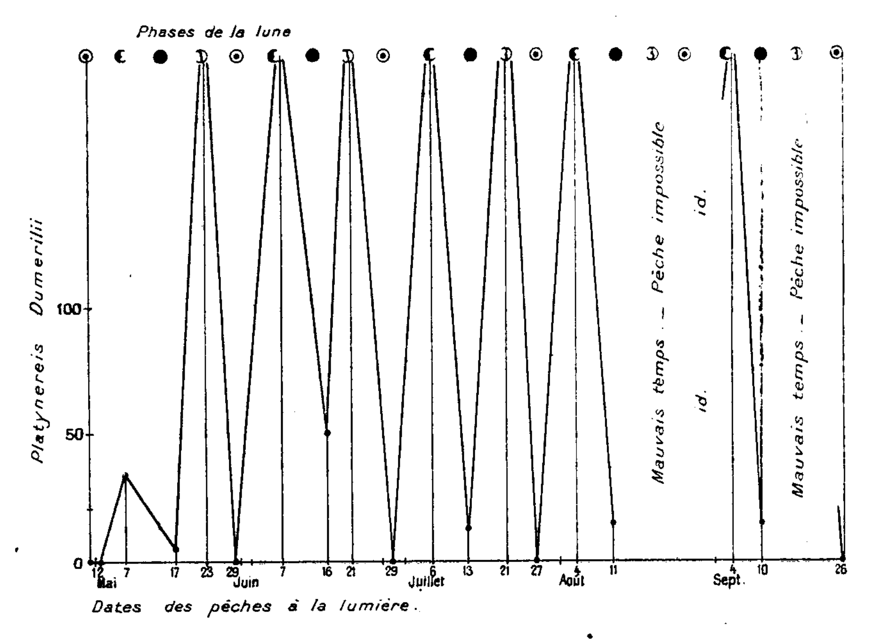
(3) F. Hempelmann, *Zur Naturgeschichte von* Nereis Dumerilii *Aud. et Edw.* (*Zoologica*, Bd 25, 1911, p. 92).

(4) Frank R. Lillie and E.-E. Just, *Breedings Habits of the Heteronereis Form of* Nereis limbata *at Woods Hole, Mass.* (*Biol. Bull.*, vol. 24, 1913, p. 147-169). — E.-E. Just, *Breedings Habits of the Heteroneid Form of* Platynereis megalops *at Woods Hole, Mass.* (*Ibid.*, vol. 27, 1914, n° 4).

(5) Ch. Gravier, *La ponte et l'incubation chez les Annélides polychètes* (*Ann. Sc. Nat. Zool.*, 10e série, t. 6, 1923, p. 153-248).

Les pêches à la lumière que nous avons commencées l'an dernier [1] et que nous avons reprises cette année dès la fin du mois d'avril, nous permettent d'apporter les premiers faits relatifs aux rythmes lunaires des animaux de la côte atlantique française.

Depuis la pleine lune du 30 avril jusqu'au début d'octobre dernier, il a été pêché au feu à chacun des quatre quartiers de la lune, soit le jour même quand le temps le permettait, soit la veille ou le lendemain. La chaîne de nos observations est continue pendant ces six mois, sauf au premier quartier et à la pleine lune d'août et au premier quartier de septembre, périodes de mauvais temps.



Nos pêches avaient lieu à Concarneau en un point choisi entre le rocher d'Ar-Gazek et l'extrémité de la plage des bains, près de terre, par des fonds de 2^{m} à 4^{m}, parsemés de sable, de Zostères et de roches à Laminaires. L'observation commençait une heure environ après le coucher du soleil et se poursuivait durant une heure et demie.

Les statistiques de nos captures montrent, pour divers animaux (notamment des Cumacés), des variations de nombre synchrones des phases de la

[1] L. Fage et R. Legendre, *La pêche à la lumière, moyen d'étude de la faune littorale* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1235-1237; *Bull. Inst. Océanogr.*, n° 431, 25 août 1923).

lune; cette relation est particulièrement nette pour plusieurs Néréidiens dont nous parlerons uniquement aujourd'hui. Quatre espèces de ces Vers sont attirées par la lumière à Concarneau : *Platynereis Dumerilii* Aud. et M. Edw., *Leptonereis glauca* Clap., *Perinereis cultrifera* Gr. et *Nereis irrorata* Malmgr. Seuls les individus épitoques, complètement mûrs, prêts à abandonner leurs produits génitaux, viennent nager autour de la lanterne. Chaque espèce suit dans ses apparitions un rythme propre que nous indiquerons brièvement.

Platynereis Dumerilii. — Le 1er mai, lendemain de la pleine lune, et le jour suivant, aucun individu n'est visible. Le 7 mai, jour du dernier quartier, beaucoup apparaissent et l'on peut prendre 5 femelles et 30 mâles. Le 17 mai, deux jours après la nouvelle lune, il n'en vient qu'un petit nombre; 1 femelle et 5 mâles sont capturés. Le 23 mai, jour du dernier quartier, leur nombre est incalculable : la saison de reproduction commence et elle continuera jusqu'à la fin de septembre. Pendant tout ce temps, le rythme lunaire est parfaitement régulier : à la pleine lune, aucun individu visible ; à la nouvelle lune, quelques-uns seulement; *au premier et au dernier quartier*, des masses innombrables, atteignant peut-être, en août, un million ou plus. C'est à ces seuls quartiers qu'à la lumière de la lanterne on assiste à la ponte, précédée d'une danse nuptiale fort curieuse.

Nos constatations coïncident avec celles d'Hempelmann, en ce qui concerne la périodicité lunaire. Mais tandis qu'à Naples les essaimages ont été constamment observés le matin, avant le lever du jour, à Concarneau, aussi bien qu'à Banyuls, où ils avaient été vus dès 1909 par Racovitza et l'un de nous, ils apparaissent le soir à la tombée de la nuit. Les plus tardifs se sont montrés à 23^h30^m (Banyuls). Comme nous n'avons fait aucune pêche après 3^h, nous ne saurions dire s'il se produit un nouvel essaimage à l'aurore.

Leptonereis glauca. — Les essaims de cette petite espèce se sont montrés *au dernier quartier* des lunes de mai, juin et surtout juillet : le nombre des individus qui approchent de la lumière est toujours assez faible, comparé aux masses de *P. Dumerilii*, et comme les deux apparitions ont lieu simultanément, nous n'avons pu observer la danse et la ponte, mais seulement dénombrer nos captures.

Perinereis cultrifera. — Le 1er mai, lendemain de la pleine lune, et le jour suivant, nous assistons à l'essaimage d'un très grand nombre d'individus (des milliers) qui se livrent à leur danse nuptiale, suivie de l'émission des produits génitaux. Aucun n'apparaît plus le 7 mai, soir du dernier quartier, ni aux pêches suivantes. En attendant que d'autres observations, pratiquées au début du printemps, nous renseignent plus complètement sur la saison de reproduction de cette espèce, qui débuterait en avril d'après Fauvel, nous pouvons dire qu'elle finit en mai et que l'essaimage a lieu à la *pleine lune*.

Nereis irrorata. — L'été dernier, nous avions capturé des *Heteronereis* de cette espèce depuis le 29 juillet jusqu'au 20 septembre; cette année leur apparition date de notre pêche du 4 août; on en voyait encore en octobre. Bien qu'ayant assisté à la danse nuptiale et à la ponte, nous n'avons jamais observé d'individus nageant en assez grand nombre pour caractériser un essaimage périodique.

Quelle explication donner de ces rythmes remarquables? Lillie et Just, ayant l'impression que tous les animaux mûrs d'une localité essaiment ensemble, ont supposé que les influences lunaires agissent principalement sur la maturation sexuelle; Hempelmann avait pensé à des variations des conditions de nutrition liées aux variations lunaires des marées.

Nous ne discuterons pas ces hypothèses, ni n'en émettrons de nouvelles. Nous nous trouvons, il faut le reconnaître, en présence d'une grande classe de phénomènes encore trop peu étudiés pour qu'une explication générale puisse en être valablement proposée. Les faits nouveaux apportés ici et ceux que nous rappelons autorisent seulement à croire que l'essaimage des Néréidiens n'a pour cause immédiate, ni le jeu des marées, ni les variations d'intensité de la lumière lunaire.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'étiologie de l'encéphalite.* Note de MM. C. **Levaditi**, S. **Nicolau** et Mlle R. **Schoen**, présentée par M. Roux.

Peu après les essais préliminaires de Mc Intosh et Turnbull et de Strauss, Hirshfeld et Lœve, Levaditi et Harvier ont réussi à isoler, dans quelques cas, le virus filtrant de l'encéphalite épidémique, dont ils ont étudié les propriétés en collaboration avec Nicolau. Ce virus, pathogène pour le lapin, provoque une maladie aiguë, transmissible en série, caractérisée par des lésions encéphalitiques dégénératives et inflammatoires et se terminant, en général, par la mort. Ultérieurement, Doerr et Schnabel, Blanc, de même que Levaditi, Harvier et Nicolau, ont montré que le virus de l'encéphalite humaine appartient au groupe des germes herpétiques.

Or, depuis 1921, Kling, Davide et Liljenquist, expérimentant avec des matériaux provenant de cas d'encéphalite observés en Suède, ont déterminé, chez le lapin, une infection chronique non mortelle, se traduisant par des altérations microscopiques du cerveau et du méso-céphale (nodules à cellules épithélioïdes et géantes, manchons péri-vasculaires). Les auteurs suédois prétendent que le virus de cette maladie, présumé filtrant, est seul le véritable agent étiologique de l'encéphalite épidémique, et qu'il diffère du germe herpéto-encéphalitique de Levaditi et Harvier.

Nous avons étudié comparativement : le *virus encéphalitique* de Levaditi et Harvier (souche C), le *virus suédois*, le *virus*, dit encéphalitique, *isolé par Thalimer* aux États-Unis et, enfin, le *virus de l'encéphalite spontanée du*

lapin, maladie épizootique décrite par Bull, par Oliver et par Twort et Archer. Voici les faits constatés :

1° *Au point de vue clinique :* la maladie provoquée par le virus encéphalitique de Levaditi et Harvier diffère des autres infections mentionnées ci-dessus. Alors que l'infection produite par ce virus est aiguë et mortelle, celle que déterminent les germes suédois, américain et aussi celui de l'encéphalite spontanée épizootique est franchement chronique et ne se termine que très rarement par la mort;

2° *Au point de vue anatomo-pathologique :* même différence, ainsi que nous l'avons montré dans un travail récent (¹);

3° *Au point de vue étiologique :* la maladie déterminée par les virus de Kling, de Thalimer et par celui de l'encéphalite spontanée du lapin, est imputable à un microorganisme visible sur coupes, microorganisme que nous n'avons jamais rencontré dans l'encéphalite due au virus filtrant de Levaditi et Harvier. Voici les caractères de ce microorganisme :

a. Technique. — Fixation du cerveau par le liquide de Bouin ; coloration des coupes au Ziehl, au Gram, au Giemsa dilué (lent), à l'hématéine-éosine, au safran-éosine-bleu polychrome d'Unna, au Mann.

b. Matériel. — *Lapins inoculés par voie célébrale* (virus Kling et Thalimer), sacrifiés 114 et 157 jours après l'inoculation. *Lapin neuf, sacrifié en pleine évolution d'encéphalite spontanée.*

c. Caractères du microorganisme. — 1° *Topographie :* Le germe se retrouve surtout au voisinage immédiat des nodules sous-corticaux, au contact des cellules épithélioïdes et lymphocytaires. Rarement on le décèle au milieu des foyers nodulaires, jamais au niveau des manchons péri-vasculaires. — 2° *Forme et dimensions :* Le germe est généralement contenu dans des vacuoles, qui ont l'apparence de kystes limités par une pseudo-membrane; à l'extérieur de celle-ci on voit un ou deux noyaux semi-lunaires qui sont étroitement moulés sur elle. Le plus fréquemment, les microorganismes remplissent le kyste; ils sont au nombre de 20 à 40 ou plus; çà et là on les découvre isolés, ou encore inclus dans le protoplasma des macrophages, auquel cas ils montrent des signes de régression. Il s'agit de corpuscules ovales, allongés, piriformes ou en navette, facilement visibles, de 1 à 2 μ. Plus volumineux à la partie médiane qu'aux extrémités, ils paraissent constitués par une membrane, un corps protoplasmique et des grains de chromatine, assez diffus. — 3° *Coloration :* Le microorganisme se colore en *bleu*

(¹) LEVADITI et NICOLAU, *C. R. de la Société de Biologie*, t. 89, 1923, p. 775.

pâle par l'hématéine, en *rouge vif* par la méthode de Mann, en *bleu foncé violacé* par le bleu polychrome (*méthode de choix*), en *vert bleuâtre* par le Giemsa. *Ils ne se colorent ni par le Gram, ni par le Ziehl* (*non acido-résistants*). Leur affinité paraît acidophile, mais la coloration préalable par une couleur acide les rend plus aptes à fixer les couleurs basiques.

La nature parasitaire de ces corpuscules ne laisse aucun doute; leur présence presque exclusive dans les nodules encéphalitiques prouve leur rôle étiologique ([1]). Sans préciser si le microorganisme étudié par nous appartient au groupe des bactéries ou des protozoaires (nous inclinons vers cette dernière hypothèse), nous proposons de le désigner sous le nom de *Encephalitozoon cuniculi* ([2]).

La présence du même germe dans l'encéphale de lapins inoculés avec le virus dit de l'encéphalite suédoise, le virus de Thalimer et dans le cerveau d'un lapin atteint d'encéphalite épizootique spontanée, nous autorise à identifier ces trois infections. Il en résulte que *Kling, aussi bien que Thalimer, ont eu entre les mains le germe visible de l'encéphalite spontanée, alors qu'ils pensaient avoir transmis à leurs animaux l'agent étiologique de l'encéphalite léthargique.*

L'*Encephalitozoon cuniculi* n'a jamais été retrouvé sur les coupes de cerveau provenant de lapins infectés avec le virus filtrant de Levaditi et Harvier. Aucune relation ne saurait donc exister entre ce virus et ceux de Kling, de Thalimer et de Twort. De nouvelles recherches, dont nous relaterons prochainement les résultats, nous permettront de démontrer, une fois de plus, le rôle étiologique spécifique de notre virus dans la pathogénie de la maladie de v. Economo.

Rappelons que Doerr et Zdansky ([3]) ont constaté, sur les coupes de Kling, colorées au Ziehl, des corpuscules (probablement des microorganismes) se colorant en rouge par la fuchsine phéniquée après décoloration à l'acide azotique. Le fait que ces corpuscules restent colorés par la méthode de Ziehl, alors que l'*Encephalitozoon cuniculi* se décolore par cette méthode, permet de distinguer ces deux ordres de formations.

Conclusions. — *Les virus, prétendus encéphalitiques, de Kling et de Thalimer, ne sont autres que le germe de l'encéphalite épizootique spontanée du lapin.*

([1]) Certains kystes parasitaires se retrouvent isolés, en pleine substance blanche cérébrale.

([2]) L'aspect morphologique ne permet pas, pour l'instant, d'identifier ce microorganisme au *Toxoplasma cuniculi* de Splendore.

([3]) Doerr et Zdansky, *Schweizer. med. Woch.*, 1923, n° 14.

*L'*Encephalitozoon cuniculi *est l'agent étiologique de cette infection, qui n'a aucun rapport avec l'encéphalite léthargique. Le seul virus filtrant, de provenance sûrement humaine, qui ait été retrouvé dans la maladie de v. Economo, est celui isolé par Levaditi et Harvier d'abord, par Doerr, Schnabel, Berger ensuite.*

A 16h 15m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 30m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 5 novembre 1923.)

Note de M. *André Bloch,* Sur les congruences paratactiques et la cyclide de Dupin :

Page 859, ligne 11, *après* des propriétés énoncées dans cette Note, *ajouter :* d'après les méthodes de M. Coolidge (*On Euclidean Geometry* et *Treatise*, p. 344, 452).

REVUE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Ancienne *Revue de Physique et Chimie*, fondée par SCHUTZEMBERGER et LAUTH

33e ANNÉE — **RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 55, Quai des Gds-Augustins, PARIS** Téléphone : GOB. 19-32, 19-55

ABONNEMENTS : France et France coloniale, **30** francs par an ; Etranger, **35** francs. — Le Numéro : **3** fr. **50**

Revue indépendante puisant sa documentation aux meilleures sources, s'adresse aux ingénieurs-chimistes, aux raffineurs, aux savonniers, aux fabricants de couleurs, laques et vernis, aux tanneurs, etc. Est un excellent organe de publicité pour les annonciers que les industries chimiques intéressent.

Rédacteur en chef : CHARLES COFFIGNIER, Ingénieur Chimiste E.P.C.P.

M. DE KEGHEL, Ingénieur chimiste — L. PIERRON, Ingénieur chimiste — L. RABATÉ, Ancien élève de l'École Polytechnique

Numéro Specimen envoyé gratuitement sur demande R. C. Seine 22520



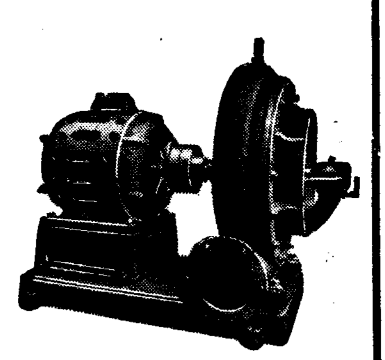
POMPES

VENTILATEURS

TURBINES

COMPRESSEURS

ROBINETTERIE GÉNÉRALE POUR EAU — GAZ VAPEUR



Vingt groupes Moteurs-Ventilateur pour soufflage de cubilots, fournis à la Société des Hauts-Fourneaux de Pont-à-Mousson

SOCIÉTÉ RATEAU, 40, rue du Colisée PARIS

CAPITAL : 15.250.000 FRANCS — R. C. Seine 56018

SOCIÉTÉ d'OPTIQUE et de MECANIQUE

DE HAUTE PRÉCISION

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS LACOUR-BERTHIOT

125 à 135, Boulevard Davout, PARIS (20e)

R. C. Seine 105874

APPAREILS pour les recherches scientifiques

Microscopes « SOM-KORITSKA ».
Dispositifs pour la micrographie.
Microscopes Brinell pour la lecture des empreintes.

SISMOGRAPHES

INSTRUMENTS D'ASTRONOMIE

Objectifs astronomiques — Miroirs plans sphériques et paraboliques — Equatoriaux — Cercles méridiens.

APPAREILS de TOPOGRAPHIE et de GÉODÉSIE

Théodolites — Goniomètres-Boussoles — Règles à éclimètres — Astrolabes à prisme.

APPAREILS d'OBSERVATION et de MESURE

Jumelles à prismes — Longues-vues binoculaires.

Instruments pour l'Armée et la Marine

Télémètres — Périscopes — Appareils de visée, etc.

APPAREILS et OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Notices et Catalogues sur demande

SOCIÉTÉ ANONYME DES MATIÈRES COLORANTES ET PRODUITS CHIMIQUES DE SAINT-DENIS

Capital : 24.000.000 de francs. — Siège social : à PARIS, 105 Rue Lafayette (Xe). — Tél. : Trudaine 02-25, 02-26

Registre du Commerce : 79.106

USINES A SAINT-DENIS

Produits chimiques minéraux

Acide chlorhydrique, nitrique.
Sulfate de soude aiguille et anhydre
Sulfure de sodium cristallisé et concentré, etc...

Produits chimiques organiques

Toluène pur, Benzine cristall. Nitrobenzine, Aniline, sels d'Aniline, etc.
Naphtols, naphtylamines.
Diméthylaniline, Diphénylaniline.
Acide sulfanilique, Naphtionate de soude, etc.

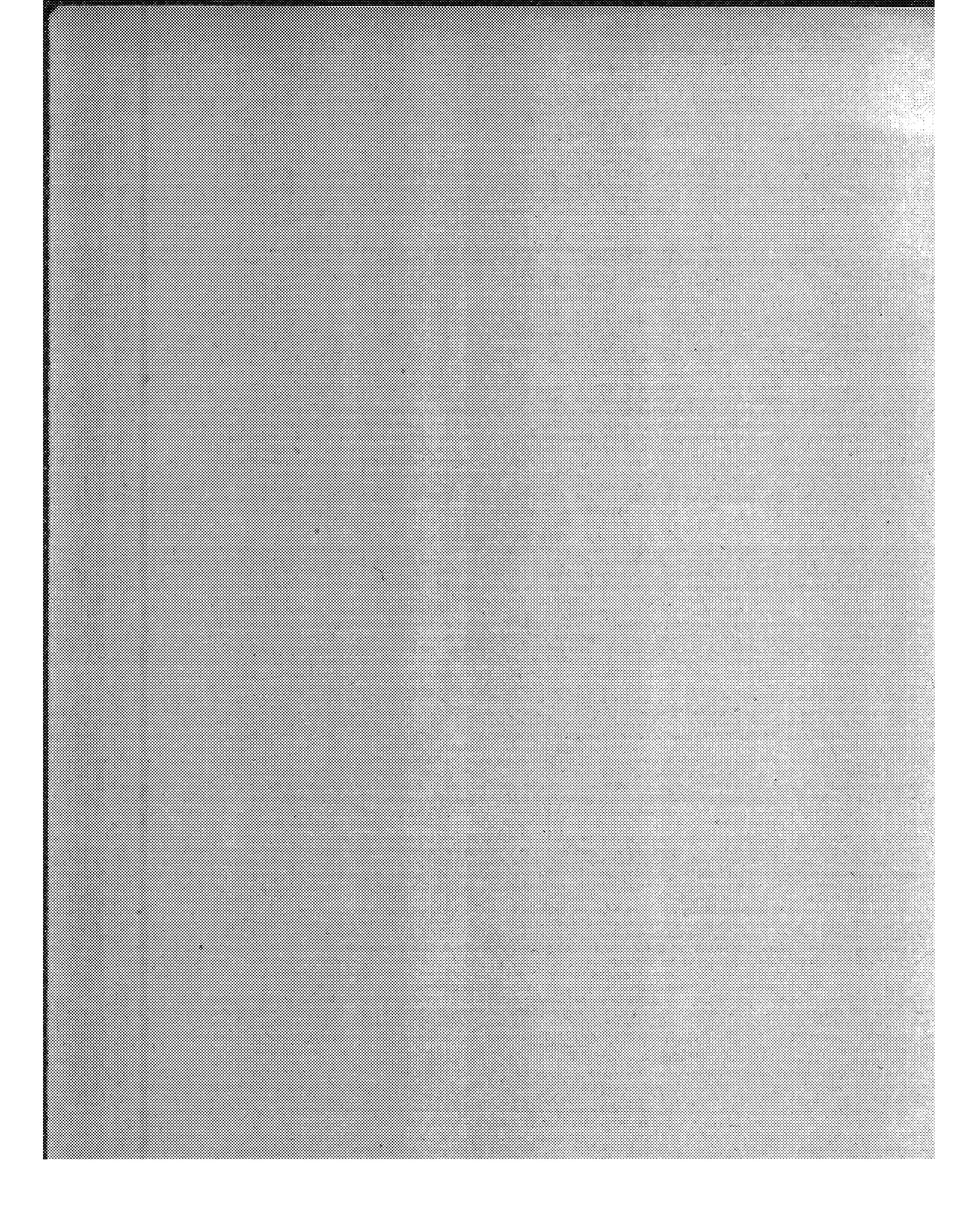
Produits divers spéciaux

Beta-naphtol pharmaceutique.
Acétanilide cristallisée. Sulforicinates d'ammoniaque et de soude.

Matières colorantes

Colorants acides.
Colorants basiques.
Colorants pour laine au chrome.
Colorants directs pour cotons et tissus mixtes.
Colorants au soufre.
Colorants pour fleurs, plumes, osier, bois, papier, etc...
Colorants pour fourrures, cuirs, peaux.
Colorants pour graisses, huiles, paraffines.
Colorants pour cirages, crêmes, encaustiques.
Colorants pour vernis, encres, savons et parfumerie.
Colorants pour laques, etc...

HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY à toutes les Expositions.



N° 20

TABLE DES ARTICLES (Séance du 12 Novembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. le Président souhaite la bienvenue à M. *Henroteau*, astronome à l'Observatoire d'Ottawa, qui assiste à la séance... 921

M. J. Costantin. — Sur la récolte et la culture des *Pleurotus d'Eryngium*.... 921

MM. H.-A. Lorentz et Édouard Herzen. — Les rapports de l'énergie et de la masse d'après Ernest Solvay.................. 925

M. P. Appell présente à l'Académie la quatrième édition du Tome 2 de son « Traité de Mécanique rationnelle »...... 930

M. Marin Molliard dépose une notice sur la vie et les travaux de son prédécesseur M. *Gaston Bonnier*, qui sera insérée dans les « Mémoires de l'Académie »......... 930

M. E.-L. Bouvier fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : « Faune de France. Diptères anthomyides », par *E. Séguy*, dont il a écrit la Préface..... 930

MM. A. Rateau et de Sparre font hommage à l'Académie d'un volume intitulé : « Étude théorique et expérimentale sur les coups de bélier dans les conduites forcées ». 930

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance......................... 930

MM. Paul Blum, André Depline, Robert Douris, Justin Jolly, Gustave Nicolas, Clément Vaney adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux....... 931

M. Jean Pottevin prie l'Académie de vouloir bien le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *de Freycinet*...................... 931

M. E.-O. Lovett. — Sur une propriété fonctionnelle de certaines surfaces....... 931

M. Armand Cahen. — Sur des fractions continues nouvelles attachées à certaines opérations à une unité près par excès.... 934

M. Serge Bernstein. — Sur les fonctions quasi analytiques......................... 937

M. Jean Chazy. — Sur le champ de gravitation de deux masses fixes dans la théorie de la Relativité.................. 939

M. Carl A. Garabedian. — Une méthode de séries.................................. 942

M. Charles Nordmann. — La « turbulence » du vent et du vol des oiseaux voiliers.... 944

M. Émile Belot. — Conséquences du fait que toutes les étoiles, y compris le Soleil, ont dû passer par la phase de Nova...... 947

M. J. Rouch. — Recherche des hauts-fonds à l'aide de la drague divergente......... 949

M. René Lucas. — Moments magnétiques de rotation et orientation moléculaire magnétique............................... 950

MM. R. Ledoux-Lebard, A. Lepape et A. Dauvillier. — Sur l'emploi des gaz lourds en radiodiagnostic.......................... 952

M. Léon Guillet. — Sur la résistivité électrique de l'aluminium commercial...... 953

M. W. Kuhn. — Décomposition de l'ammoniaque par les rayons ultraviolets et loi d'équivalence photochimique........... 956

M. Pierre Bedos. — Sur l'ortho-cyclohexylcyclohexanol............................ 958

M. P. Gaubert. — Sur la détermination des minéraux par l'examen microscopique de leur trace laissée sur un corps dur...... 960

M. Sabba Stefanescu. — Sur l'activité et la corrélation des molaires et des maxillaires des mastodontes et des éléphants.. 962

M. René Souèges. — Embryogénie des Plantaginacées. Développement de l'embryon chez le *Plantago lanceolata* L... 964

M. J. Dauvergne et Mlle L. Weil. — Sur un procédé de bouturage en milieu liquide stérile.................................... 967

M. J. Beauverie. — La Rouille jaune du blé (*Puccinia glumarum*) en 1923........ 969

M. Henri Coupin. — Le gonflement des graines et la pression osmotique du milieu. 971

MM. H. Colin et H. Belval. — Les lévulosanes dans les céréales................ 973

M. Ph. Joyet-Lavergne. — La structure cytoplasmique d'une Coccidie *Adelina dimidiata* A. Schn., parasite de la Scolopendre (*Scolopendra cingulata* Latr.). 975

M. Pierre Dangeard. — Coloration vitale de l'appareil vacuolaire chez les Péridiniens marins.............................. 978

M. Jules Amar. — Transformisme et hérédité...................................... 980

MM. L. Fage et R. Legendre. — Rythmes lunaires de quelques Néréidiens........ 982

MM. C. Levaditi, S. Nicolau et Mlle R. Schoen. — L'étiologie de l'encéphalite.......... 985

Errata.. 988

70755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie

Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923
DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS
HEBDOMADAIRES
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 21 (19 Novembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE. — *Sur un projet de Biographie nationale française.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Il ne paraît pas nécessaire de démontrer *a priori* l'utilité, sinon la nécescité des Biographies générales, et en particulier d'une *Biographie nationale française;* d'ailleurs les exemples que nous allons citer, d'œuvres de ce genre, suffiront à donner cette démonstration; même elle se trouve appuyée par les circonstances actuelles, postérieures aux grandes collections mentionnées plus loin. Aussi, pour ce qui concerne le projet considéré, nous pouvons nous borner à établir sa possibilité d'exécution, malgré les difficultés matérielles de l'heure présente.

Il existe, dans diverses langues, des Biographies générales très importantes, et, pour la langue française en particulier, celles de Michaud ([1]) et de Didot ([2]) se placent aux premiers rangs. Mais, par la nature même des choses, des noms nouveaux et très nombreux viennent s'ajouter indéfiniment aux recueils de ce genre, et les porter à un nombre énorme de volumes. Comme ils vieillissent rapidement, on les a complétés par

---

([1]) *Biographie Universelle, ancienne et moderne*, Paris, Michaud frères, 1811-1828; 52 vol. in-8°, plus la *partie mythologique* (t. 53-55), 1832-1833; plus le *Supplément* (t. 56-85), 1834-1862 [1re édition]; — [2e édition] 45 vol. in-4°, 1843...; le volume 20 (1858) est le dernier qui soit daté.

([2]) *Nouvelle Biographie générale*, avec les renseignements bibliographiques et l'indication des sources à consulter; publiée... sous la direction de M. le Dr Hoefer, Paris, Didot, 1857-1866; 46 vol. in-8°.

d'autres publications de formes diverses (Dictionnaires, Nécrologes, etc.) consacrées surtout aux contemporains, ou encore à des catégories particulières de personnes (académiciens, marins, musiciens, peintres, etc.).

Malgré cela divers pays se sont créé des Biographies *nationales*, qui ont puissamment contribué à étendre au loin leur influence intellectuelle. Il est vrai que ces recueils, bornés à un seul pays, sont sujets aux mêmes inconvénients; mais c'est à un degré nécessairement beaucoup moindre, et ils ont l'avantage de comporter des biographies plus documentées, que l'on peut considérer le plus souvent comme définitives, ce qui n'a pas lieu généralement pour celles des Biographies générales.

Les Biographies nationales aujourd'hui existantes comptent elles-mêmes de nombreux volumes; parmi les plus récentes on peut citer celles d'Allemagne (¹), d'Angleterre (²), d'Autriche (³), de Belgique (⁴), de Danemarck, des États-Unis, de Hollande, de Suède, etc.

En France il n'existe encore rien de ce genre, mais les éléments pour le créer sont fort nombreux; ainsi il n'est peut-être pas une seule des anciennes provinces qui n'ait sa Biographie propre; et parmi elles il en est de fort importantes; beaucoup de départements sont dans le même cas, et même certains arrondissements, certaines villes, qui ne sont pas des plus étendus.

Les documents sont donc très nombreux, mais ils sont tellement dispersés que leur accès est souvent des plus difficiles. Une Biographie nationale française, mettant à la portée de tous ces données éparses, rendrait donc de grands services. Aussi l'entreprise d'une telle œuvre a-t-elle été déjà recommandée : en cela il suffira de citer le nom de L. Delisle, qui l'a prônée chaudement.

Vers 1910, trois savants autorisés, MM. L. Didier, A. Isnard et E.-G. Ledos, l'avaient commencée, avec le concours d'une sérieuse maison

(¹) *Dictionary of National Biography* edited by Leslie Stephen. London, 1885-1900, 63 vol. in-8°. — Supplément, vol. 1-3, 1901. — Index and Epitome, 1 vol., 1903. — Second supplément, 1 vol. 1-3, 1912. — Second supplément, Index and Epitome, 1 vol. 1913. — Errata, 1 vol., 1904. Cet Ouvrage avait été précédé d'autres Biographies nationales anglaises.

(²) *Allgemeine Deutsche Biographie.* Leipzig, 1875-1900, 45 vol. in-8°. Nachträge bis 1899, vol. 45-55, 1900-1910. — Vol. 56, General Register, 1912.

(³) C. Wurzbach, *Biographisches Lexikon* des Kaiserthums Oesterreich. Vienne, 1856-1889, 58 vol. in-8° (comprend seulement la période 1750-1850).

(⁴) *Biographie nationale* publiée par l'Académie royale..... de Belgique, 1866-1922, 23 vol., in-8°. Le 23ᵉ volume est en cours de publication; son premier fascicule va jusqu'à *Spor*.

d'édition; mais rien n'a été publié; toutefois cela démontre que l'œuvre a paru viable par ses seuls moyens.

Aujourd'hui un tel travail, qui touche de très près à la documentation scientifique, s'impose plus que jamais, car la concurrence est des plus vives. Or, entre ses innombrables avantages, cette Biographie nationale aurait celui de restituer à des Français leurs inventions, leurs découvertes, dont souvent ils sont dépouillés.

L'œuvre entière comporterait un nombre considérable de volumes, au moins telle qu'elle a été conçue jusqu'ici; mais on pourrait la réaliser en deux étapes, dont la première, de petite étendue relative, se suffirait à elle-même, tout en préparant la seconde; celle-ci pourra être réalisée, en quelque sorte, à loisir.

La première étape serait la formation d'une *Liste* des noms de tous les personnages susceptibles de figurer dans la Biographie française; chaque nom y serait accompagné de données très sommaires, mais permettant une bonne identification (prénoms, lieux et dates de naissance et de décès, profession ou fonction principale, etc.) avec l'indication des *Notices* imprimées ou manuscrites relatives à chacun.

Une telle Liste, avec ces indications bibliographiques, suffirait si souvent qu'on se demande si elle ne rendrait pas en grande partie inutile la Biographie *in extenso*. Or nous avons quelques données sur l'étendue probable d'une telle Liste : une œuvre analogue (1), publiée au milieu du dernier siècle, forme 2 volumes in-4° d'importance moyenne, et mentionne environ 50000 notices.

Comme elle est relative à la Biographie *universelle*, la partie française n'y occupe qu'une place relativement restreinte. Par contre, l'auteur indique seulement les monographies et les tirés à part, laissant de côté une des sources les plus abondantes, les *Revues* et les *Mémoires* des Académies.

Une autre donnée nous est fournie par l'entreprise commencée vers 1910 : elle fit un relevé des noms commençant par la lettre A, et leur nombre est d'environ 10000. L'œuvre totale pourrait donc renfermer 150000 à 200000 noms; mais, avec des abréviations faciles, chacun n'y occuperait généralement qu'une ou deux lignes; et la Liste entière n'excéderait pas 2 ou 3 volumes.

---

(1) E.-M. OETTINGER, *Bibliographie biographique universelle.* Dictionnaire des Ouvrages relatifs à l'histoire de la vie publique et privée des personnages célèbres de tous les temps et de toutes les nations, depuis le commencement du Monde jusqu'à nos jours; .... Bruxelles, 1854, 2 vol. in 4°.

L'impression de cette Liste serait donc relativement facile, et l'établissement du manuscrit demanderait le principal de l'effort. Toutefois, dans la majeure partie, le travail pourrait être organisé systématiquement; il serait surtout matériel et pourrait être fait par des collaborateurs sans connaissances spéciales, sous une direction unique, assurant l'uniformité et la continuité. Pour orienter dans la recherche des ressources nécessaires, je rappellerai seulement que certaines des œuvres citées plus haut ont été entreprises par les Académies de Bavière, de Belgique, etc.

MÉCANIQUE. — *Sur les accouplements élastiques.* Note de M. **Lecornu.**

Dans un groupe électrogène où le moteur actionne la dynamo par l'intermédiaire d'un arbre rigide, la dynamo peut être regardée comme jouant le rôle de volant. Mais parfois la transmission se compose de deux demi-arbres réunis par un accouplement élastique, et, dans ces conditions, la théorie classique du volant n'est plus valable. Pour analyser en pareil cas les effets de l'inertie des parties tournantes, on peut procéder de la façon suivante :

Soient A le moment d'inertie de la partie comprenant le moteur et B celui de la partie comprenant la dynamo. Supposons l'état de régime établi, et désignons par θ et φ les rotations effectuées, au temps t, par chacune de ces parties. L'accouplement éprouve la torsion $\psi = \theta - \varphi$ à laquelle correspond un couple $k\psi$, k étant un facteur constant. Soient, d'autre part, M le couple moteur, qui est une fonction périodique du temps et N le couple résistant, regardé comme sensiblement constant dans cet état de régime. On a les deux équations :

$$(1) \qquad A\frac{d^2\theta}{dt^2} = M - k\psi, \qquad B\frac{d^2\varphi}{dt^2} = k\psi - N$$

qui entraînent celle-ci :

$$(2) \qquad AB\frac{d^2\psi}{dt^2} + k(A+B)\psi = MB + NA.$$

Remplaçons M par la somme d'un terme constant et d'une suite de termes de la forme $p\sin(nt+\alpha)$ où p, n, α sont des constantes. A chacun de ces termes périodiques correspond, pour ψ, un terme

$$\frac{Bp}{k(A+B) - n^2AB}\sin(nt+\alpha).$$

On devrait ajouter les termes provenant de l'intégrale générale de l'équation (2) avec le second membre; mais ils représentent des vibrations non entretenues que l'amortissement propre du ressort fait, on le sait, rapidement disparaître.

Ayant ainsi ψ, on en déduit les valeurs de θ et φ, qui, abstraction faite de fonctions linéaires du temps, sont :

$$\theta = - \sum \frac{p}{n^2} \frac{k - n^2 B}{k(A+B) - n^2 AB} \sin(nt + \alpha), \tag{3}$$

$$\varphi = - k \sum \frac{p}{n^2} \frac{1}{k(A+B) - n^2 AB} \sin(nt + \alpha). \tag{4}$$

On cherche naturellement à rendre aussi uniforme que possible la rotation φ de la dynamo. Si l'accouplement était rigide, k deviendrait infini, et l'on aurait

$$\varphi = - \sum \frac{p}{n^2} \frac{1}{A+B} \sin(nt + \alpha).$$

Le coefficient de $\sin(nt + \alpha)$ se trouve donc, du fait de l'élasticité de l'accouplement, multiplié par le facteur $\frac{k(A+B)}{k(A+B) - n^2 AB}$.

D'après cela, tant que k demeure supérieur à $\frac{n^2 AB}{A+B}$, cette élasticité augmente la perturbation due aux variations de $\sin(nt + \alpha)$. Pour les valeurs de k voisines de $\frac{n^2 AB}{A+B}$ apparaît le phénomène de résonance : le mouvement de la dynamo devient absolument irrégulier.

A ce moment, le calcul précédent cesse d'être légitime : car le moment résistant d'une dynamo ne peut être regardé comme sensiblement constant que si les écarts de vitesse demeurent très faibles.

Si k continue à décroître, le facteur dont il s'agit change de signe; mais sa valeur absolue importe seule. Elle reste supérieure à l'unité jusqu'à ce que k devienne inférieur à $\frac{n^2 AB}{2(A+B)}$, puis elle tend indéfiniment vers zéro.

Cette discussion montre qu'il est impossible de décider, d'une façon générale, si l'élasticité de l'accouplement est ou non favorable à la régularité de la marche de la dynamo. C'est une question d'espèce, dépendant à la fois du coefficient k, des moments d'inertie A et B et de la loi de décroissance des coefficients de la série qui représente les variations du moment moteur. Cette loi, dans le cas par exemple d'un moteur à explosion 1, est nécessairement fort compliquée. On doit, en tout cas, redouter les phénomènes de résonance. Ajoutons que n varie proportionnellement à la vitesse

de régime, de sorte que ce qui est vrai pour une allure donnée peut cesser de l'être pour une autre.

En ce qui concerne la fatigue et le danger de rupture de l'arbre, c'est le couple $k\psi$ qu'il faut calculer. Le terme général de la série représentant les variations de ce couple est

$$\frac{kBp}{k(A+B)-n^2AB}\sin(nt+\alpha). \tag{5}$$

La discussion est analogue, avec cette différence que la fatigue n'est diminuée que pour les termes rendant k inférieur à $\frac{n^2AB}{A+2B}$.

On peut également se poser à ce sujet la question suivante : étant donné le moment d'inertie total $C=A+B$, quel est le rapport $\frac{B}{A}$ qui procure le minimum de fatigue? Ici, la réponse est bien nette. L'inverse du coefficient de $p\sin(nt+\alpha)$ est $\frac{C}{B}-\frac{Cn^2}{k}+\frac{Bn^2}{k}$. Cette expression présente un minimum pour $B=\frac{\sqrt{kC}}{n}$ et augmente indéfiniment quand B, à partir de cette valeur, tend vers zéro ou vers l'infini. Comme B ne peut dépasser C, il y a toujours avantage à réduire $\frac{B}{A}$ dans toute la mesure possible, et, si l'on juge utile de mettre un volant additionnel, on doit pour la même raison, le placer, par rapport à l'accouplement, du même côté que le moteur.

Enfin, au point de vue de la marche du moteur lui-même, il faut envisager les variations de θ. La flexibilité de l'accouplement multiplie alors par $\frac{A+B}{A+\frac{kB}{k-Bn^2}}$ le coefficient de $\sin(nt+\alpha)$. Elle apparaît donc comme avantageuse tant que k surpasse Bn^2 et désavantageuse dans le cas contraire.

Comparons, au point de vue du calcul du volant la théorie classique avec les résultats trouvés ici. A cet effet, supposons d'abord qu'il y ait dans M un seul terme variable, que nous représenterons pour simplifier, par $p\sin nt$, en négligeant la phase α qui ne joue alors aucun rôle :

Si l'accouplement est rigide, on a $\theta=\varphi$, d'où

$$C\frac{d^2\varphi}{dt^2}=M-N,$$

ou bien, en laissant de côté la partie constante de $M-N$, qui est nulle dans l'état de régime, et remplaçant $\frac{d\varphi}{dt}$ par ω :

$$C\frac{d\omega}{dt}=p\sin nt,\qquad C\omega=-\frac{p}{n}\sin nt+\text{const}.$$

La vitesse atteint son minimum ω_1 et son minimum ω_2 pour $\sin nt = 0$, et l'on a

$$C(\omega_2 - \omega_1) = \frac{2p}{n}.$$

Posons, en appelant w la vitesse moyenne et r le coefficient de régularité :

$$\omega_2 - \omega_1 = \frac{w}{r}.$$

Il vient ainsi

$$C = \frac{2pr}{nw}.$$

Le travail $\mathfrak{T}$ des forces, dans le passage de ω_1 à ω_2 est

$$p\int_0^{\frac{\pi}{n}} \sin nt.w\,dt = \frac{2p}{n} w.$$

Donc

$$C = \frac{r\mathfrak{T}}{w^2}.$$

Cette formule s'étend sans modification au cas général où M comprend une suite quelconque de termes périodiques et l'on retrouve ainsi l'expression connue, déduite habituellement du théorème des forces vives.

Passons au cas de l'accouplement élastique. La formule (3) conduit à la suivante :

$$\omega = -\frac{p}{n}\,\frac{k - n^2 B}{k(A + B) - n^2 AB}\cos nt,$$

d'où, par un calcul analogue,

$$\frac{k(A+B) - n^2 AB}{k - n^2 B} = \frac{r\mathfrak{T}}{w^2},$$

ce qu'on peut écrire

$$A + \frac{k}{k - n^2 B} B = \frac{r\mathfrak{T}}{w^2}, \tag{6}$$

B se trouve ici multiplié par un facteur dépendant de n, ce qui empêche d'étendre le résultat au cas où M renferme plusieurs sinus.

Lorsque A et B sont liés par la condition (6), le minimum de $C = A + B$ s'obtient en égalant les dérivées partielles du premier membre par rapport à A et B, ce qui donne

$$\frac{k(k - 2n^2 B)}{(k - n^2 B)^2} = 1,$$

d'où $B = 0$. Il y a donc, quelle que soit la fréquence, avantage à augmenter autant que possible A en réduisant B, c'est-à-dire à placer le volant du côté du moteur : l'étude du couple de torsion nous a déjà conduits à cette conclusion.

J'ai raisonné comme si l'arbre de transmission était, de part et d'autre de l'accouplement, absolument rigide. En réalité, cet arbre éprouve lui-même une torsion dont il convient d'examiner les effets. Ce sera l'objet d'une autre Note.

THERMOCHIMIE. — *A propos du principe d'une méthode générale pour déterminer la capacité calorifique des solides et des liquides et de son application à la détermination de la valeur en eau des bombes calorimétriques.* Note [1] de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Philippe Landrieu.**

Nous avons indiqué précédemment [2] le principe d'une méthode générale pour déterminer la capacité calorifique des solides et des liquides et, en particulier, pour déterminer la valeur en eau des bombes calorimétriques.

Nous pensions alors que ladite méthode était nouvelle. Mais peu après paraissait au *Bulletin de la Société chimique de France* un mémoire [3] dont la lecture nous a mis sur la voie d'une antériorité qui nous avait échappé.

Une méthode analogue à la nôtre aurait en effet été employée, il y a plus de cinquante ans, par Pfaundler, pour déterminer la capacité calorique des liquides, et elle aurait été plus tard reprise et modifiée par Swietoslawski.

C'est donc sans avoir eu connaissance des mémoires de Pfaundler et de Swietoslawski que nous fîmes notre Communication. Ces mémoires avaient d'ailleurs paru dans des publications peu répandues et qu'il est assez difficile de se procurer : ceux de Pfaundler dans les *Comptes rendus de l'Académie* de Vienne (années 1869 et 1891), et celui de Swietoslawski dans le *Bulletin de l'Académie des Sciences* de Cracovie (année 1909, p. 548). A l'heure actuelle nous avons ces mémoires entre les mains, et nous devons reconnaître que si la technique employée par ces deux savants diffère sur plusieurs points de la nôtre (en particulier ni l'un ni l'autre n'ont nettement utilisé

---

[1] Séance du 12 novembre 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1513.

[3] Blaszkowska, *Sur la chaleur spécifique des mélanges de solutions aqueuses de chlorure de sodium et de sucre de canne* (*Bull. Soc. ch.*, t. 23, 1923, p. 562).

leur dispositif comme un appareil de zéro), néanmoins leur antériorité est indiscutable.

Comme la méthode des deux calorimètres est susceptible, quand elle est judicieusement mise en œuvre, d'apporter une haute précision aux mesures calorimétriques, nous continuerons à l'employer et à la perfectionner. Mais, pour rendre justice à celui qui le premier en a posé le principe, nous la désignerons désormais sous le nom de « méthode de Pfaundler ».

CHIMIE MINÉRALE. — *Le transport du cuivre à l'état gazeux et le cuivre-carbonyle.* Note [1] de M. **Gabriel Bertrand.**

M. Zelinsky vient de faire connaître à l'Académie [2] un exemple curieux de pseudomorphose qu'il explique en admettant la volatilité de l'oxyde de cuivre. A la température de 400° à 500° à laquelle il opère, l'oxyde pénétrerait à l'état de vapeur dans les couches superficielles du corps de l'insecte; il serait alors réduit par la matière combustible avec dépôt de métal.

Il ne semble pas que ce soit là l'explication véritable du phénomène. Dans les conditions de température et de durée de l'expérience, la proportion d'oxyde de cuivre qui peut être volatilisée, avec ou sans décomposition préalable, est si minime qu'elle échappe à toute mesure; la quantité de métal substituée à la matière organique est, au contraire, très appréciable : elle atteint, dans le cas décrit avec détail par M. Zelinsky, près de 49 pour 100 de l'insecte métallisé.

Je crois plutôt qu'il faut expliquer le transport du cuivre de son oxyde solide à la surface du corps de l'insecte par la formation d'un gaz très éphémère, le cuivre-carbonyle.

En étudiant les méthodes de recherche et de dosage du cuivre dans l'organisme des plantes et des animaux, j'ai été conduit, d'une part, à soupçonner des pertes de métal pendant la calcination des organes, d'autre part, à constater des apports quand l'opération était effectuée à l'aide de brûleurs en cuivre ou en laiton. De tels apports avaient lieu même lorsque la capsule où l'on préparait les cendres était protégée du contact direct de la flamme. C'est ainsi qu'au cours d'expériences comparatives, j'ai trouvé

---

(1) Séance du 12 novembre 1922.
(2) Cf. page 1041.

des quantités de cuivre en me servant d'un four à moufle chauffé au gaz, avec brûleurs en laiton, que je ne trouvais pas lorsque j'employais un four à moufle chauffé au charbon de bois. Ce n'était pas seulement sous la forme de poussières ou de vapeurs salines (chlorure de cuivre, notamment) qu'avaient lieu ou pouvaient avoir lieu les pertes ou les apports de cuivre, c'était, m'apparaissait-il en examinant les conditions des expériences, plutôt ou plus régulièrement par suite de la formation d'un composé cuprifère très volatil. Les expériences suivantes montrent qu'un tel composé existe réellement et qu'il s'apparente au nickel-carbonyle.

On chauffe dans un tube de verre, à des températures croissantes jusqu'à celle du rouge, du cuivre et de l'oxyde de cuivre dans des courants de gaz divers. Ce chauffage ne donne lieu, ni dans l'oxygène, ni dans l'hydrogène, ni dans l'anhydride carbonique, à aucun transport appréciable de métal, même après plusieurs heures. La réduction, très facile comme l'on sait, de l'oxyde de cuivre par l'hydrogène est la seule transformation qu'on observe. Mais il n'en est pas de même si l'on opère dans un courant d'oxyde de carbone : il y a production d'un composé volatil, extrêmement dissociable avec dépôt de cuivre. L'expérience est particulièrement facile à réaliser en plaçant dans un tube de verre, isolées par des tampons d'amiante et séparées par un espace vide, une colonne de charbon de bois concassé en petits fragments et une colonne d'oxyde de cuivre, en grains ou en poudre. On pose le tube ainsi garni sur une grille à combustion et l'on fait passer un courant d'anhydride carbonique. Tant que l'on chauffe seulement la colonne d'oxyde de cuivre, il n'y a aucun phénomène visible; mais si l'on vient à porter en même temps la colonne de charbon à la température du rouge, l'anhydride carbonique est transformé en oxyde de carbone et celui-ci réagit sur la seconde colonne. Or, non seulement il la réduit, mais il donne simultanément naissance à un composé volatil qui, se dissociant au contact de la paroi chaude du tube, la recouvre d'un bel enduit, rouge et miroitant, de cuivre métallique.

Dans l'expérience de M. Zelinsky, il ne paraît pas douteux que les choses se passent d'une manière analogue. Sous l'influence d'une température croissante, le corps de l'insecte dégage des substances volatiles combustibles, puis se transforme en coke. Il se forme donc, au voisinage immédiat du corps de l'insecte, une atmosphère d'oxyde de carbone. Celle-ci suffit à produire sur le résidu charbonneux le même dépôt métallique de cuivre que celui laissé contre la paroi du tube dans l'expérience précédente.

En outre de l'intérêt qu'elle présente au point de vue de la chimie géné-

rale, la formation d'un composé volatil cuprifère sous l'influence de l'oxyde de carbone permet de comprendre comment de minimes proportions de métal peuvent être transportées des appareils de chauffage en cuivre aux cendres laissées par des organes et, éventuellement, les pertes que peuvent subir ces derniers lorsqu'on les calcine sans précaution. Dans les recherches précises de cuivre dans l'organisme ou les substances alimentaires, il faut donc éviter l'emploi des brûleurs en cuivre ou en laiton, recourir même, de préférence, à la destruction des tissus par la voie humide.

TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles preuves de l'origine dystrophique des scyphies*. Note (1) de M. **Paul Vuillemin**.

Les feuilles en cornet ou scyphies sont des formations hypotrophiques, c'est-à-dire résultant d'un défaut de développement, à l'inverse des ascidies avec lesquelles elles furent longtemps confondues. Aux divers arguments sur lesquels j'ai fondé cette thèse s'ajoutent de nouvelles preuves tirées de trois observations dont les matériaux ont été découverts par l'œil averti de mon fils Henri, ingénieur aux mines de Courrières.

Le premier cas concerne le tilleul, particulièrement prédisposé à la scyphogénie; l'anomalie a été décelée en août 1922 dans des conditions où la végétation était des plus précaires. Un tronçon de *Tilia silvestris* avait été introduit par mégarde, depuis six mois environ, dans le boisage d'une galerie de mine à 200^{m} de profondeur. L'obscurité totale n'était interrompue que par le passage des ouvriers porteurs de lampes de sûreté de une bougie. La température est de 18°-20°, l'état hygrométrique voisin de 1; $CO^2 = 0,003$.

De ce tronc ont émergé quelques pousses rougeâtres dont la longueur varie de 5^{cm} à 17^{cm}. Les feuilles sont chlorotiques et chétives; les stipules diaphanes atteignent de $0^{m},008$ à $0^{m},013$; le limbe ne dépasse pas $0^{m},015$; il est porté par un pétiole grêle, ayant jusqu'à $0^{m},03$.

Sur une pousse, la première feuille porte une mince languette détachée de la base du limbe; les trois suivantes sont scyphiées.

La forme des scyphies varie depuis celle d'une coupe à bord oblique plus ou moins profondément échancré en avant jusqu'à celle d'un cône dont la hauteur est triple du diamètre de la base. Par exemple un scyphopode

(1) Séance du 12 novembre 1923.

de $0^m,019$ porte un cône haut de $0^m,009$ dont l'orifice mesure $0^m,003$ de diamètre.

Les deux autres cas concernent des espèces où les scyphies étaient jusqu'alors inconnues, *Aucuba japonica* et *Hedera Helix* cultivés à Malzéville. La scyphogénie y marque un effort intempestif et impuissant de régénération.

Sur un *Aucuba* ombragé par un Pin d'Autriche, une branche avait été taillée au printemps de 1919. Le nœud précédant la section portait deux feuilles inégales; le 15 août, la plus petite est bien verte; la plus grande jaunissante devait tomber cinq jours plus tard. La pousse développée à l'aisselle de cette dernière présente deux cicatrices transversales à la place d'écailles détachées, puis deux écailles médianes noircies. L'ordre décussé ne se poursuit pas au delà de la seconde paire; les appendices sont isolés aux nœuds suivants dans le plan transversal selon l'ordre distique. Le premier s'insère presque au même niveau que les écailles médianes, c'est une arête blanc jaunâtre, de 1^{cm}, qui tomba en même temps que la feuille axillante; le suivant en est distant de $0^m,003$; le dernier arrête la croissance en formant une scyphie. Le 15 août ce n'est encore qu'une étroite languette concave longue de $0^m,020$ prolongeant le bord d'un entonnoir profond de $0^m,003$ porté par un scyphopode long de $0^m,005$. Huit jours plus tard, le scyphopode n'a pas changé; l'entonnoir agrandi a un rebord dorsal de $0^m,027$, un rebord ventral de $0^m,005$.

La scyphie de Lierre fut trouvée le 10 septembre 1923. Sa cupule est large de $0^m,012$, profonde de $0^m,003$; le bord ventral est faiblement échancré; le scyphopode long de $0^m,022$ s'insère au niveau du bourgeon terminal atrophié d'un rameau de $0^m,012$. Ce rameau naît près d'une cicatrice foliaire à $0^m,16$ de l'extrémité piétinée et sèche d'une branche traînante. Un rameau encore plus court part dans des conditions analogues du nœud précédent, distant de $0^m,08$. A la place de la scyphie il porte une feuille dont le limbe déjà coriace mesure seulement $0^m,020$ de long et $0^m,035$ de large. A $0^m,07$ en deçà, on rencontre un nœud stérile, puis, en descendant de $0^m,06$, un rameau de $0^m,008$ dont le bourgeon terminal est escorté d'une feuille longuement pétiolée ($0^m,12$) à limbe ample mais difforme. Vers la base, la branche rampante porte des feuilles normales dont les bourgeons axillaires n'ont pas poussé.

La scyphie est le produit du développement prématuré de bourgeons, provoqué, chez l'*Aucuba* par la section, chez le Lierre par la mortification de l'extrémité de la branche.

Ces deux cas sont à rapprocher d'observations antérieures où les scyphies sont intermédiaires entre les écailles et les feuilles par leur position comme elles le sont par leur degré de vigueur. Un début de végétation du bourgeon l'année même de sa formation s'arrête à la production d'une scyphie chez le *Vinca major*, le *Cynanchum Vincetoxicum*, l'*Acer pseudoplatanus*, le *Vitis vinifera*. La scyphie de *Pelargonium* figurée par Masters [1] paraît occuper la même position.

Sur un *Ligustrum japonicum* taillé en boule, j'ai rencontré, le 18 octobre 1907, des pousses tardives dont les feuilles étaient pour la plupart juvéniles ou rudimentaires ; l'une d'elles n'avait d'autre appendice vert qu'un limbe en cornet porté par un pétiole formant sous la scyphie un petit capuchon hyponaste.

La scyphie apparaît aussi au printemps à la base du rameau feuillé. Le 26 mai 1917, j'ai récolté une pousse robuste de *Persica vulgaris* portant, entre les deux feuilles inférieures linéaires et les feuilles normales, une scyphie étroite à long scyphopode filiforme.

Tous ces faits confirment la nature hypotrophique des scyphies.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur la méthode directe dans l'étude microbiologique du sol.* Note de M. S. **Winogradsky**.

Les notions que nous possédons sur les phénomènes microbiens, dont le sol est le siège, ne sont encore que très fragmentaires et manquent totalement de précision. Au bout d'une trentaine d'années de travail on a réussi, il est vrai, à isoler un certain nombre de microbes du sol et à reproduire en culture pure la majorité des processus qui intéressent la Science agronomique. Actuellement, on maintient ces espèces en collection dans les laboratoires et on les soumet à des études de plus en plus détaillées. Mais quelque intérêt que puissent présenter ces études physiologiques, nous n'y trouvons que peu de renseignements sur les espèces qui peuplent les différentes terres, ni sur leurs fonctions, telles qu'elles s'exercent dans la nature, ni surtout sur les rapports biologiques qui y règnent et qui règlent la succession des processus et le sort de ces espèces que nous avons toute raison à nous figurer en lutte incessante pour s'approprier la matière énergétique. Car une tentative sérieuse de suivre l'action microbienne dans

(1) Masters, *Vegetable Teratology*, fig. 8, 1869.

le milieu naturel n'a jamais été faite, et il n'est que trop évident que les conditions de culture pure sur milieu artificiel ne sont guère comparables à celles de l'existence sauvage d'une espèce quelconque.

Aussi ne peut-on se défendre de penser qu'un microbe cultivé à l'abri de toute concurrence vitale et hyperalimenté, devenu donc une *plante de culture*, est en train de former au bout d'une certaine période, pas très longue, une race nouvelle qu'il ne serait pas permis de confondre, sans étude spéciale dans chaque cas, avec son prototype. Le microbiologiste agricole aurait donc toute raison d'imiter, en principe, l'exemple des laboratoires de fermentation, où la distinction entre les races des levures sauvages et les races cultivées s'est introduite depuis longtemps, et de n'employer pour les expériences touchant aux phénomènes naturels au moins des végétations microbiennes tout fraîchement recultivées du sol, en évitant les anciennes cultures de laboratoire, quelque authentiques qu'elles soient. Nous irons même jusqu'à dire, que celui qui négligerait cette règle se mettrait inconsciemment dans la position d'un botaniste, qui croirait étudier la flore d'un pays, en ne s'occupant que des plantes de sa serre.

Attribuer à un certain microbe cultivé la même fonction au sein de la terre que celle qu'il manifeste au laboratoire n'est donc en tout cas qu'une hypothèse qu'il est indispensable de vérifier par des expériences directes, et cela d'autant plus que l'argument qu'on pourrait tirer de sa fréquence et de sa force numérique dans le sol nous manque dans la majorité des cas, et des plus intéressants. Certes, on a beaucoup dénombré les germes du sol, mais les chiffres que nous donnent les méthodes courantes ne se rapportent qu'à ceux des germes qui viennent à former des colonies sur les milieux conventionnels — et qui sont une minorité, — sans même nous renseigner si ces germes étaient dans le sol à l'état actif, ou à l'état de spores, soit inactif.

Il est clair, par conséquent, qu'en se tenant qu'à la méthode classique, basée sur les cultures pures en milieu artificiel, il serait difficile de s'attendre à un progrès sérieux dans la direction qui intéresse tant la microbiologie du sol, et la nécessité s'impose de recourir à une méthode plus directe, quand même elle serait au début moins parfaite, comme technique, que celle qui est universellement adoptée.

Nous n'irons pas jusqu'à affirmer que la tendance de mettre notre branche de la microbiologie plus directement au service de la Science du Sol ne se soit pas fait sentir jusqu'à ce jour. Ainsi, c'est évidemment des considérations de ce genre qui ont inspiré la méthode dite de Rémy-Löhnis, qui consiste à noyer peu de terre dans un quantum de liquide, à raison de

10 pour 100, et de suivre les processus qui se développent dans les fioles et leurs relations avec la fertilité des terres employées pour les inoculations. Mais cette méthode n'a pu donner aucun résultat appréciable, et il n'y a lieu de s'en étonner, car elle n'est pas plus directe que les autres, et de plus, il est évident que ce n'est pas en reproduisant les conditions d'une mare qu'on pourrait faire avancer la microbiologie d'un sol sain. Nous ne la mentionnons donc qu'en passant à cause du retentissement qu'elle a eu pendant un certain temps et des nombreux travaux quelle a provoqués.

Les critiques que nous venons de produire ayant pour nous un caractère décisif, nous avons été amené, en reprenant nos recherches sur les microbes du sol, à élaborer une méthode qui permettrait de suivre l'action microbienne dans des conditions se rapprochant autant que possible des conditions naturelles. Nous nous permettrons d'exposer succinctement dans la présente Note les principes et les buts immédiats de cette *méthode directe*, en réservant les résultats déjà acquis à nos prochaines Communications.

On opère avec de la terre fraîche, criblée et ramenée à un degré d'humidité et de compacité convenables. Elle est le principal milieu de culture, la base de toutes les expériences, et ce sont les germes qui y sont déjà présents que l'on y fait pulluler.

On les fait pulluler en incorporant à la terre en expérience des corps chimiques différents, choisis entre les plus répandus dans la nature, ainsi que des matières brutes d'origine animale et végétale.

L'effet est étudié : 1° par un examen microscopique direct de la terre ; 2° par des *cultures auxiliaires* sur milieu artificiel qui servent à compléter les observations microscopiques, procédé d'autant plus nécessaire que les méthodes de préparation et de coloration de la terre ne sont pas encore au point.

Ces *cultures auxiliaires* se font exclusivement sur milieu solide, et aussi souvent qu'il le faut pour avoir un tableau complet du processus déclenché. Le milieu liquide est à proscrire rigoureusement dans le cas, car tous les rapports biologiques qui caractérisent la terre saine y sont modifiés jusqu'à devenir méconnaissables.

Les milieux solides doivent correspondre par leur composition dans chaque cas au milieu-terre, autant que possible, c'est-à-dire contenir la même substance énergétique et une proportion d'azote assimilable du même ordre.

Les milieux *standard* ne répondant pas à cette exigence et généralement impropres à la manifestation de fonctions spécialisées sont à éviter.

Il est très important de bien choisir la terre destinée à recevoir la substance énergétique, en même temps que de servir de *témoin*. On choisira de préférence une terre d'ancienne culture, n'ayant reçu depuis des années aucune fumure, n'ayant subi récemment aucune façon, ne portant aucune végétation. Étant à l'état d'équilibre relatif, elle sera peuplée par un minimum stable de microbes relativement facile à fixer. On conçoit que sa réaction vis-à-vis de la substance énergétique sera d'autant plus prononcée. En effet, nous avons été souvent frappé par son intensité.

En appelant *état microbiologique*, ou simplement biologique, la qualité et la quantité des cellules microbiennes actives, *réaction biologique* les changements provoqués par la substance énergétique, nous dirons que le but immédiat de la méthode est justement de déterminer cet état et cette réaction d'une terre donnée. La réaction prendra la forme d'une pullulation énorme de l'espèce, ou d'un petit groupe d'espèces les mieux adaptées, sous les conditions données, à l'utilisation de la substance offerte, jusqu'à prédominer dans la *culture-terre*, ainsi que dans les *cultures auxiliaires* d'une manière décisive.

L'analyse chimique de la *culture-terre*, parallèlement avec celle de la *terre témoin*, nous renseignera sur la fonction du microbe vainqueur, à condition toutefois d'interrompre l'expérience au moment critique.

Généralement, ces expériences à l'état actuel de nos connaissances, ne peuvent être que de courte durée, soit 3 à 5 jours à 30°; prolongées, elles deviendraient difficilement déchiffrables, plusieurs réactions, ou phases, du processus déclenché se succédant assez rapidement, avant qu'un état d'équilibre soit de nouveau atteint.

Nous ajouterons, pour prévenir un malentendu, que la réaction biologique dépendra non seulement de la qualité de la substance énergétique, mais aussi des conditions concomitantes, dont l'effet devra être étudié dans chaque cas. Nous pouvons citer, par exemple, le rapport de l'azote assimilable à la substance hydrocarbonée, comme facteur des plus importants. Non moins profond est l'effet du degré d'humidité et d'aération.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Recueil des nivellements des chemins de fer de la Russie d'Europe* et *Données sommaires météorologiques et océanographiques pour les mers de Kara et de Sibérie,* par J. de Schokalsky (en langue russe).

2° *Historical mathematical Paris*, by David Eugene Smith. (Présenté par M. J. Hadamard.)

3° *Cartes économiques de l'Afrique occidentale française*, dressées par A. Meunier : n° 1, *cultures alimentaires, fourragères et médicinales;* n° 2, *cultures industrielles;* n° 3, *oléagineux;* n° 4, *forêts;* n° 5, *élevage;* n° 6, *faune.*

4° Georges Bourguignon. *La chronaxie chez l'homme.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

5° Diénert. *Cours d'épuration des eaux et assainissement des cours d'eau.* (Présenté par M. E. Roux.)

6° Amedeo Herlitzka. *Fisiologia ed aviazione.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

7° J. Baratoux. *De la voix. Étude scientifique de sa formation et de son émission; ses maladies.* (Présenté par M. Bazy.)

8° Le tome I et le tome II, fascicule 1, du *Mémorial de l'Artillerie française.* (Présenté par M. H. Sebert.)

9° L. Kober. *Bau und Entstehung der Alpen.* (Présenté par M. Termier.)

10° *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Russie* pour 1922 (fasc. A.)

M. **Aimé Bouchayer** adresse un Rapport sur l'emploi qui a été fait par la Société des Amis du Laboratoire des Essais mécaniques et métallurgiques de la subvention accordée sur la *fondation Loutreuil* en 1921.

MM. **René Baire, Alfred Barriol, Augustin Boutaric, Elie Cartan, Hippolyte Copaux, Fernand Delhaye, Gustave Eiffel, Émile Gau, Georges Giraud, H. Humbert, Armand Jeandidier, Georges Pruvot, L.-G. Seurat** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

Mme Vve **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

MÉCANIQUE. — *Sur un mode de compensation du retrait dans les voûtes en béton.* Note de M. E. BATICLE, présentée par M. Mesnager.

Supposons qu'on introduise dans une voûte des éléments transversaux, assez rapprochés, non susceptibles de retrait, en forme de coin : lorsque le retrait se produira, les longueurs susceptibles de retrait étant modifiées, de l'intrados à l'extrados, il s'introduira des rotations qui pourront diminuer les moments de flexion dus au raccourcissement de la fibre neutre.

Prenons pour axe des x la droite, supposée horizontale joignant les centres de gravité des sections d'encastrement et pour axe des y la verticale du centre de gravité de la section d'encastrement.

En un point (x, y) de la fibre neutre, le moment fléchissant est donné par l'expression

$$M = \mu + \alpha x - H y.$$

H est la poussée, μ et α sont respectivement le moment fléchissant et l'effort tranchant à l'origine.

Appelons k le coefficient de retrait et γ la rotation, par unité de longueur de fibre neutre, due à la modification des longueurs susceptibles de retrait des fibres. En écrivant que les sections d'encastrement sont invariables, on a

$$\int \frac{M\,ds}{EI} + \int \gamma\,ds = 0,$$

$$\int \frac{Mx\,ds}{EI} + \int \gamma x\,ds + \int \frac{N}{E\Omega}\,dy = 0,$$

$$\int \frac{My\,ds}{EI} + \int \gamma y\,ds - \int \frac{N}{E\Omega}\,dx + \int k\,dx = 0.$$

E est le coefficient d'élasticité, N l'effort normal, Ω l'aire et I le moment d'inertie de la section normale.

Supposons un arc surbaissé.

On pourra confondre ds avec dx, prendre $N = H$, négliger $\int \frac{N}{E\Omega}\,dy$ et aussi $\int \frac{N}{E\Omega}\,dx$, qui est petit vis-à-vis $\int \frac{Hy^2}{I}\,dx$.

Supposons que cet arc soit à fibre moyenne parabolique, de portée $2a$ et de flèche f.

Prenons $\gamma = my + p$ et supposons que I soit constant; les équations

deviennent

$$\mu + a\alpha - \frac{2}{3}f\mathrm{H} + \mathrm{EI}\left(\frac{2}{3}mf + p\right) = 0,$$

$$\mu + \frac{4}{3}a\alpha - \frac{2}{3}f\mathrm{H} + \mathrm{EI}\left(\frac{2}{3}mf + p\right) = 0,$$

$$\mu + a\alpha - \frac{4}{5}f\mathrm{H} + \mathrm{EI}\left(\frac{4}{5}mf + p\right) + \frac{3}{2}\mathrm{EI}\frac{k}{f} = 0.$$

D'où l'on tire

$$\alpha = 0,$$

$$f\mathrm{H} = \frac{45}{4}\mathrm{EI}\frac{k}{f} + \mathrm{EI}mf,$$

$$\mu = \frac{15}{2}\mathrm{EI}\frac{k}{f} - \mathrm{EI}p.$$

D'où

$$\mathrm{M} = \frac{15}{2}\mathrm{EI}\frac{k}{f} - \mathrm{EI}p - \left(\frac{45}{4}\mathrm{EI}\frac{k}{f^2} + \mathrm{EI}m\right)y.$$

On voit que si l'on prend

$$m = -\frac{45}{4}\frac{k}{f^2} \quad \text{et} \quad p = \frac{15}{2}\frac{k}{f},$$

c'est-à-dire

$$\gamma = -\frac{45}{4}\frac{k}{f^2}y + \frac{15}{2}\frac{k}{f},$$

il y aura compensation de l'effet du retrait.

Soient, par mètre linéaire de fibre neutre, λ la longueur non susceptible de retrait de l'extrados et λ' celle de l'intrados, e l'épaisseur de la voûte.

Le retrait de l'extrados est, sensiblement, $(1 - \lambda)k$; celui de l'intrados, $(1 - \lambda')k$, et la rotation

$$\gamma = \frac{(1-\lambda')k - (1-\lambda)k}{e} = \frac{\lambda - \lambda'}{e}k.$$

D'autre part, le coefficient de retrait entrant dans le calcul des moments doit être modifié. En effet, la longueur susceptible de retrait de la fibre moyenne n'est plus que $1 - \frac{\lambda + \lambda'}{2}$; de sorte que k doit être remplacé par

$$k_1 = \left(1 - \frac{\lambda + \lambda'}{2}\right)k$$

(on prendra d'ailleurs, la valeur moyenne de $\frac{\lambda + \lambda'}{2}$ puisque c'est l'intégrale $\int k_1\,dx$ qui seule intervient).

De sorte que pour annuler l'effet du retrait, il suffira de prendre

$$p = \frac{15}{5}\frac{k_1}{f} \quad \text{et} \quad m = -\frac{45}{4}\frac{k_1}{f^2},$$

c'est-à-dire

$$\frac{\lambda - \lambda'}{e} = \left(-\frac{45}{2}\frac{\gamma}{f^2} + \frac{15}{2f}\right)\frac{k_1}{k}.$$

Cette relation permet de déterminer la dimension des coins étant donnés leur espacement et la dimension minimum par exemple.

On voit que la rotation produite par l'introduction des éléments non susceptibles de retrait est proportionnelle au coefficient de retrait k : la compensation sera donc réalisée quelle que soit la valeur du retrait.

Enfin nous remarquerons que si l'on pouvait donner à γ des valeurs plus fortes, on réaliserait une hypercompensation ; on pourrait ainsi diminuer les effets dus au raccourcissement par suite d'une diminution de température ou encore au raccourcissement élastique causé par la charge permanente. D'ailleurs si les coins ont un coefficient d'élasticité plus élevé que le béton normal on réalisera une compensation du raccourcissement élastique tout à fait analogue à celle du retrait.

Observations de M. **Mesnager** *au sujet de la Note de M.* Baticle.

On sait qu'une voûte lorsqu'elle subit une contraction uniforme par l'effet du refroidissement ou du retrait se transforme en un solide semblable de longueur moindre. Si elle est encastrée sur ses appuis elle est contrainte de rester en contact avec ceux-ci, par conséquent, aux efforts qu'elle subissait par d'autres causes, s'ajoute l'effet de deux efforts de traction horizontaux passant au centre de gravité de masses fictives $\frac{ds}{I}$ (soit aux environs du tiers supérieur de la flèche), appliqués sur les sections extrêmes. L'effet principal de ces forces est de produire des moments de flexion positifs dans la partie centrale de la voûte, négatifs près des naissances.

L'idée très ingénieuse de M. Baticle a été de modifier la contexture des voûtes en béton de manière que le retrait produise automatiquement des flexions identiques à celles de ces moments, mais sans introduire de fatigues dans les fibres supérieures et inférieures qui subissent les plus grandes contraintes. Il y parvient en introduisant des éléments en forme de

coin non susceptibles de retraits entre les éléments en béton frais. Pourvu que ces derniers éléments ne soient pas trop longs par rapport à leur hauteur et adhèrent convenablement aux coins (sans quoi il n'y aurait pas de rotation), le résultat voulu est obtenu.

On pourrait l'obtenir également de beaucoup d'autres façons. Par exemple en armant plus fortement l'intrados près de la clef et l'extrados près des naissances. Il se peut que des compensations ou des exagérations de fatigue imprévues se produisent ainsi dans certaines voûtes en béton armé. On pourrait aussi, dans des voûtes non armées, employer des bétons de composition différente à l'extrados et à l'intrados dans des régions appropriées.

Par des moyens analogues on supprimerait les efforts dus à la dilatation dans les arcs métalliques.

MÉCANIQUE. — *Recherche sur l'excédent de puissance des oiseaux en vol.* Note de MM. E. Huguenard, A. Magnan et A. Planiol, présentée par M. Rateau.

L'estimation de la puissance d'un moteur animé et en particulier la détermination de la puissance dépensée en vol par les oiseaux présentent un gros intérêt. Un certain nombre d'auteurs, comme Navier, ont essayé de calculer, entre autres, le travail fourni pendant le vol, mais ils n'ont pas obtenu de résultats valables, parce qu'ils basaient leurs calculs sur des données inexactes. Aussi n'existe-t-il à l'heure actuelle aucune précision sur ce sujet, faute de moyens d'investigation.

Toutefois, s'il n'est pas encore possible d'évaluer la puissance nécessitée par le vol, il est par contre plus facile de définir le travail supplémentaire qui peut être démandé à un oiseau.

Nous avons donné une solution de cette question par l'emploi de dispositifs nouveaux. A cet effet nous avons utilisé, après l'avoir modifié, l'appareil imaginé en 1912 par F. Houssay et A. Magnan pour déterminer la vitesse de vol des oiseaux. Cet appareil se compose (*fig.* 1) d'une poulie montée, avec roulements à billes, sur un axe horizontal. Le bâti portant cette poulie est lui-même rendu mobile autour d'un axe vertical au moyen de roulements à billes. Sur la poulie est enroulé un fil de soie très fin et très résistant dont l'extrémité libre est attachée à l'oiseau par un système de lacets. L'animal en volant déroule le fil enroulé sur la poulie dont l'axe

horizontal de rotation actionne un contact coupant une fois par tour le circuit d'un signal de Deprez dont le stylet inscrit sur une bande de papier

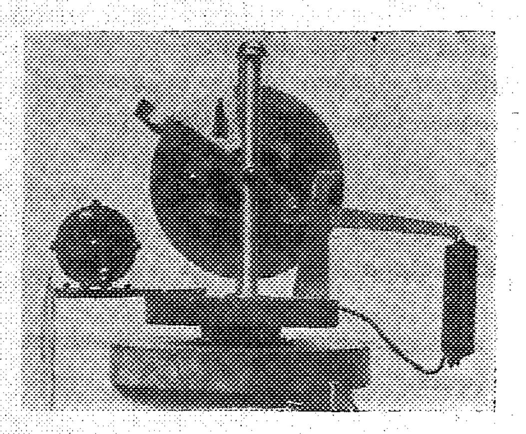


Fig. 1.

enfumé autant de décrochements que la poulie a fait de tours (*fig.* 2). On a ainsi le moyen de connaître la longueur du fil déroulé par l'oiseau. En

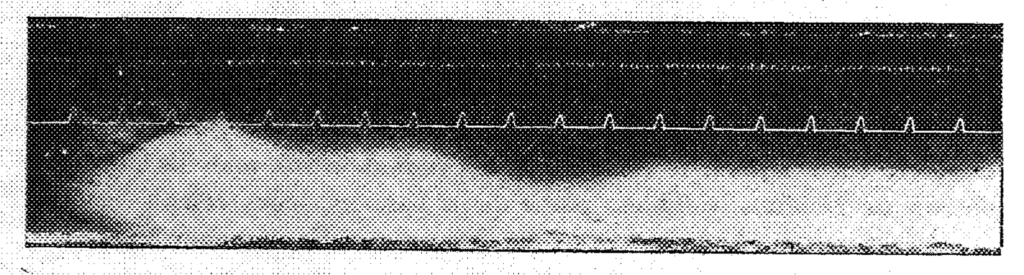


Fig. 2

inscrivant d'autre part sur la bande fumée les cinquièmes de seconde à l'aide d'un chronographe de Jaquet, on possède les données nécessaires au calcul de la vitesse de l'oiseau à chaque instant.

A côté de la grande poulie, nous avons fixé une poulie plus petite en bois, sur laquelle nous avons monté un frein de Prony fait de mâchoires d'acier serrées au moyen de deux vis; l'une d'elles, agissant par l'intermédiaire d'un ressort à boudin, assure un serrage élastique. La mâchoire inférieure du frein porte un bras de levier à l'extrémité duquel nous avons attaché la partie libre d'un peson, dont la partie fixe est reliée au socle de l'appareil.

Si un oiseau en vol tire sur le fil et met en mouvement la grande poulie, si en même temps on rapproche les mâchoires du frein en serrant le ressort,

l'animal est obligé d'effectuer un certain effort variable suivant la grandeur du frottement des mâchoires sur la petite poulie. On détermine l'intensité de cet effort par une simple lecture sur la graduation du peson ou par enregistrement en faisant déplacer l'aiguille du peson devant l'enregistreur.

En tenant compte du diamètre respectif des deux poulies, de la longueur du bras de levier qui relie la petite poulie au peson et de l'équilibrage du frein, il est possible d'évaluer exactement l'effort de traction exercé par l'oiseau en vol. Comme on enregistre en même temps la vitesse de l'animal, on a ainsi les éléments pour calculer la puissance extérieure développée par l'oiseau : $P = F \times V$, F étant l'effort de traction exercé en kilogrammes et V la vitesse correspondante en mètres-seconde.

Nous avons fait voler des pigeons voyageurs et nous avons enregistré leur vitesse et leur effort de traction à un moment donné, lorsque leur trajectoire était sensiblement horizontale. Voici les différents résultats obtenus :

Numéros des pigeons.	Poids du pigeon.	Vitesse.	Effort de traction.	Puissance extérieure.	Puissance extérieure par kilogr. d'animal.
	kg	m/s	kg	kgm	kgm
137	0,490	5,76	0,225	1,29	2,63
137	0,490	6,08	0,165	1	2,04
118	0,510	6,72	0,1875	1,26	2,47
199	0,490	8,32	0,0825	0,68	1,40
118	0,510	8,96	0,072	0,64	1,25
199	0,490	12,16	0,030	0,36	0,73

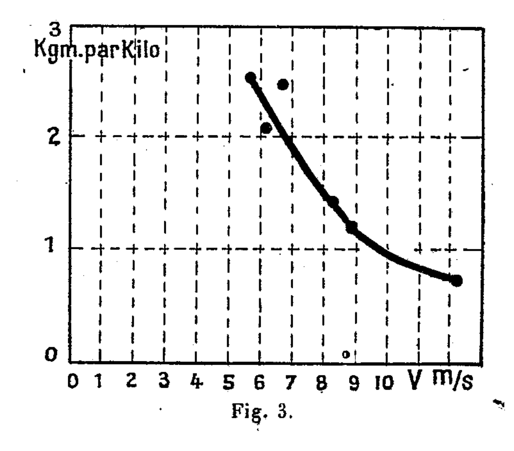


Fig. 3.

Nous avons aussi construit la courbe de la puissance spécifique extérieure de ces pigeons en portant en abscisses les vitesses en mètres-seconde et en

ordonnées correspondantes les diverses puissances exprimées en kilogrammètres par kilogramme d'animal (*fig.* 3).

Du tableau précédent et de ce graphique, il découle que le pigeon voyageur a pu développer dans ces expériences une puissance supplémentaire maxima de $2^{\text{kgm}},6$ par kilogramme d'animal, ce qui équivaut à $\frac{1}{30}$ de cheval-vapeur. Ce chiffre correspondrait pour un avion de 2000^{kg} à un excédent de puissance de 69 CV.

Les résultats portés dans le tableau peuvent être considérés comme des minima, car il apparaît, en observant l'oiseau tirant sur le frein dynamométrique, que l'animal fait montre d'une certaine répugnance à voler dans ces conditions. Cet exercice inaccoutumé peut en effet lui causer une surprise ou une gêne qui suffirait à expliquer cette attitude.

AVIATION. — *Méthode générale pour déterminer graphiquement les éléments du vol d'un avion.* Note de M. **Delanghe**, présentée par M. Rateau.

L'avion étant animé d'un mouvement rectiligne uniforme, les forces extérieures constituent un système nul. On suppose que, par un braquage convenable des gouvernes, le moment résultant soit nul. Pour achever d'exprimer l'équilibre, il reste à écrire deux équations de projection. Prenons pour axes, par exemple, la trajectoire G_x et la droite G_z perpendiculaire à G_x dans le même plan vertical; il vient

$$(\mathrm{I}) \quad \begin{cases} (1) & \dfrac{a}{2g} v^2 S c_{xs} + P \sin\theta - M\left(\dfrac{a}{2g} \alpha n^2 D^4\right) = 0, \\ (2) & \dfrac{a}{2g} v^2 S c_{zs} - P \cos\theta = 0, \end{cases}$$

S désignant la surface alaire, P le poids total, M le nombre des groupes moteurs supposés identiques, v la vitesse sur la trajectoire, a le poids spécifique actuel de l'air, θ l'angle de la trajectoire avec l'horizontale, positif ou négatif suivant que l'avion monte ou descend, D le diamètre, n le nombre de tours unitaire et α le coefficient de traction des hélices, c_{zs} et c_{xs} les valeurs que prennent respectivement les coefficients c_z et c_x de portance et de résistance sous l'influence du souffle des hélices.

D'après le théorème de Froude, la vitesse finale v' de ce souffle satisfait à la relation

$$\left(\frac{v'}{v}\right)^2 = 1 + \frac{S}{S_p}(c_{xs} + c_{zs} \operatorname{tang}\theta),$$

S_p étant la surface totale des cercles balayés par les hélices. On en déduit :

$$(3) \qquad c_{xs} = c_x + c_{x2}\left(\frac{v'^2}{v^2} - 1\right) = \frac{c_x + (c_x c_{x2} - c_x c_{z2})\dfrac{S}{S_p}\tang\theta}{1 - \dfrac{S}{S_p}(c_{x2} + c_{z2}\tang\theta)},$$

$$(4) \qquad c_{zs} = c_z + c_{z2}\left(\frac{v'^2}{v^2} - 1\right) = \frac{c_z + (c_x c_{z2} - c_z c_{x2})\dfrac{S}{S_p}}{1 - \dfrac{S}{S_p}(c_{x2} + c_{z2}\tang\theta)},$$

c_{z2} et c_{x2} désignant les coefficients de portance et de résistance des organes soumis à l'action du souffle des hélices. Si l'on élimine P entre les équations (1) et (2), on obtient, en tenant compte des égalités (3) et (4) et en appelant γ l'argument de similitude,

$$(\text{II}) \quad \begin{cases} (5) \qquad \dfrac{c_x + c_z\tang\theta}{1 - \dfrac{S}{S_p}(c_{x2} + c_{z2}\tang\theta)} = M\dfrac{2\alpha D^2}{\gamma^2 S}, \\[2ex] (6) \qquad \dfrac{1}{\cos\theta}\,\dfrac{c_z + (c_x c_{z2} - c_z c_{x2})\dfrac{S}{S_p}}{1 - \dfrac{S}{S_p}(c_{x2} + c_{z2}\tang\theta)} = \dfrac{\dfrac{P}{S}}{\dfrac{1}{2}\dfrac{a}{g}\gamma^2 n^2 D^2}. \end{cases}$$

On voit que *les solutions du système des équations* (5) *et* (6) *sont fournies par les points d'intersection de deux réseaux distincts :*

1° *L'un, relatif au planeur, est constitué par les courbes* Γ_θ *dont chacune correspond à une valeur de* θ. *Les coordonnées* c'_x, c'_z *d'une telle courbe vérifient, compte tenu du souffle des hélices, les relations*

$$(\text{III}) \qquad c'_x = \frac{c_x + c_z\tang\theta}{1 - \dfrac{S}{S_p}(c_{x2} + c_{z2}\tang\theta)}, \qquad c'_z = \frac{c_z + \dfrac{S}{S_p}(c_x c_{z2} - c_z c_{x2})}{1 - \dfrac{S}{S_p}(c_{x2} + c_{z2}\tang\theta)}.$$

Pour chaque incidence du planeur, il existe une valeur bien déterminée des coefficients c_x, c_z, c_{x2}, c_{z2} et par suite un point sur chaque courbe Γ_θ.

2° *L'autre réseau, relatif aux groupes motopropulseurs, est constitué par des courbes dont chacune correspond à une valeur de l'altitude* Z ; *les coordonnées* c'_x, c'_z *d'une telle courbe vérifient les relations*

$$(\text{IV}) \qquad c'_x = M\frac{2\alpha D^2}{\gamma^2 S}, \qquad c'_z = \frac{\dfrac{P}{S}}{\dfrac{a}{2g}\gamma^2 n^2 D^2}.$$

A chaque valeur de n correspond une valeur de γ et, par suite, un point sur chacune des courbes Γ_z; il existe, en effet, entre n et γ une relation exprimant que le couple net du moteur est égal au couple absorbé par l'hélice

$$2\pi n Q_z - \frac{a}{g}\beta n^3 D^5 = 0.$$

Q_z, couple moteur, est, pour une altitude Z et un réglage donné des gaz, une fonction de n seulement; β, coefficient de couple absorbé par l'hélice, est, ainsi que α, une fonction de γ, connue au moins expérimentalement.

La vitesse sur la trajectoire et la vitesse ascensionnelle qui correspondent au point d'intersection (c'_x, c'_z) de deux courbes Γ_z et Γ_0 sont données respectivement par les égalités

$$v = \sqrt{\frac{P}{\frac{a}{2g} S c'_z}},$$

$$v_z = v \sin\theta.$$

L'altitude du plafond est la cote de celle des courbes Γ_z qui est tangente à la courbe Γ_0 correspondant à $\theta = 0$.

Extension au cas où les groupes motopropulseurs ne sont pas tous semblables. — Bien que les régimes des divers souffles d'hélice ne soient pas semblables, on peut admettre en général que c_{xs} et c_{zs} sont définis avec une approximation suffisante par les formules (3) et (4). Le système (III) reste le même; le système (IV) prend la forme

$$\text{(IV } bis\text{)} \qquad c'_x = \Sigma_1^M \frac{2\alpha D^2}{\gamma^2 S}, \qquad c'_z = \frac{\frac{P}{S}}{\frac{a}{2g}\gamma^2 n^2 D^2}.$$

On voit que l'on obtient l'abscisse c'_x d'un point quelconque de la courbe Γ_z en additionnant, pour une même valeur de l'ordonnée c'_z, les abscisses des M courbes analogues tracées pour les M groupes motopropulseurs considérés isolément.

Remarque. — Si l'on exprime, non pas l'équilibre des forces, mais l'égalité des puissances fournie et absorbée, on aboutit au tracé de deux réseaux analogues, mais dans lesquels il convient de substituer respectivement aux coordonnées c'_z et c'_x les coordonnées q et $\sqrt{p}$; q désigne la pression vive $\frac{av^2}{2g}$, et $\sqrt{p}$ la quantité $\frac{W}{P}\sqrt{\frac{a}{2g}}$, dont la dimension est celle de la racine carrée d'une pression et dans laquelle W représente la puissance absorbée par l'avion ou développée par l'hélice.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude des surfaces planétaires par la polarisation.* Note [1] de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Deslandres.

On admet actuellement que, à l'exception de la Lune et d'une étroite zone bordant les calottes polaires de Mars [2], les planètes nous envoient de la lumière naturelle [3]; ces résultats ont été en général obtenus avec le polariscope de Savart.

J'ai effectué sur les planètes, avec un appareil plus sensible, de nombreuses mesures des proportions de lumière polarisée, qui ont conduit à une conclusion différente.

Dans ma méthode, la planète est observée à l'oculaire d'une lunette, avec un polariscope à franges et en même temps, au moyen d'une glace inclinée on polarise légèrement sa lumière tour à tour dans deux plans parallèle et perpendiculaire à la section principale du polariscope. On fait apparaître ainsi sur elle des franges de même intensité si sa lumière est naturelle, et d'intensités différentes, si elle est légèrement polarisée. En amenant les franges à la limite de visibilité, on peut déceler ainsi des proportions inférieures au millième.

Pour mesurer la proportion de lumière polarisée, on oriente l'appareil pour obtenir le maximum d'effet et on annule la polarisation au moyen d'une deuxième glace dont on lit l'inclinaison sur un cercle.

Pour déterminer son plan, on réalise, au contraire, l'égalité des franges, en faisant tourner l'appareil. Ce plan fait alors un angle de 45° avec la section principale du polariscope.

Le polariscope est constitué par deux rhomboèdres de spath minces et identiques suivis d'un prisme biréfringent; leurs sections principales sont croisées et orientées à 45° de celle du prisme. L'œil placé derrière celui-ci voit deux faisceaux superposés contenant chacun un système de franges rectilignes; l'un est à centre blanc, l'autre à centre noir. La séparation du prisme est d'une demi-frange jaune et s'effectue normalement aux franges de sorte que les deux systèmes sont superposés sur une grande longueur avec coïncidence de leurs maxima et de leurs minima de lumière.

---

[1] Séance du 12 novembre 1923.

[2] Pickering, *Astronomy and Astrophysics*, t. 1, 1892.

[3] Lenderer (1892), a montré que la lumière de Vénus n'est pas polarisée et Salet (1906) a trouvé le même résultat pour les rayons de Mercure.

Aucune lumière n'est ainsi perdue et l'éclat des franges brillantes, beaucoup plus grand qu'avec l'appareil de Savart, peut atteindre près du double de celui de la source qui les produit.

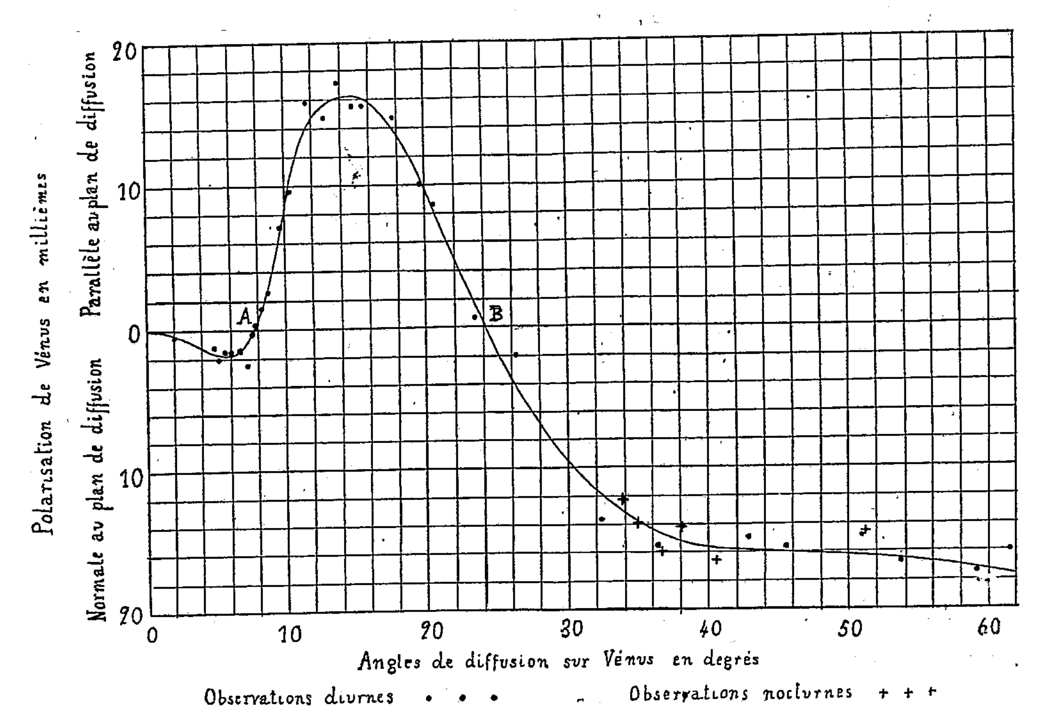
Les rhomboèdres employés, épais de $1^{mm},5$, donnaient des franges écartées de $10'$ seulement.

Quand la planète étudiée était trop près du Soleil (ce cas s'est présenté pour Vénus et pour Mercure) les mesures ont été effectuées de jour en compensant la polarisation atmosphérique au moyen du dispositif suivant :

Le centre de l'objectif est couvert par une pile de glaces à faces non parallèles qu'un volet, commandé de l'oculaire, obture partiellement.

Ce dispositif permet de rendre la polarisation du champ égale à celle de la planète dont la lame compensatrice fournit alors sans correction la valeur.

J'ai effectué depuis le mois de mai 1922 des séries de mesures sur les cinq premières planètes et sur la Lune; tout d'abord avec l'équatorial de $0^{m},83$ de l'Observatoire de Meudon, ensuite avec une lunette de $0^{m},175$ d'un maniement beaucoup plus commode.



Les principaux résultats relatifs à Vénus sont résumés en partie par la courbe. Chacun des points qui y sont figurés a été obtenu en portant en

abscisse l'angle de diffusion défini pour la commodité de l'exposé comme étant la distance angulaire de la Terre au Soleil vue de Vénus, et en ordonnée la moyenne des proportions de lumière polarisée trouvées pendant une observation, portée dans le sens positif ou négatif suivant que le plan de polarisation est parallèle ou perpendiculaire au plan de diffusion.

L'angle de ces deux plans a d'ailleurs toujours été trouvé sensiblement égal à 0° ou 90°.

Les observations de Vénus, au nombre de 70, ont été commencées le 13 mai 1922.

L'angle de diffusion, alors de 32°, allait en croissant. La polarisation fut trouvée perpendiculaire et voisine de 14 millièmes; elle augmenta d'abord, passa peu après la quadrature par un maximum de 40 millièmes (non représenté sur la figure) et finalement s'inversa peu avant la conjonction inférieure du 24 novembre 1922 pour un angle de 148°, devenant ainsi parallèle.

Depuis cette époque elle est repassée par les mêmes valeurs, en particulier au point d'inversion signalé ci-dessus, puis, de 32° à 0°, par un deuxième et un troisième point d'inversion marqués A et B sur la portion de courbe représentée. Au moment de sa conjonction supérieure du 9 septembre dernier, Vénus était encore assez facilement visible, bien qu'étant seulement à 1°20′ du Soleil et sa polarisation était sensiblement nulle. Pendant ces mesures les franges visibles sur la planète n'avaient pas toujours une intensité uniforme. Pour les faibles angles de diffusion la polarisation variait un peu d'un point à l'autre du disque; lorsque, au contraire, Vénus était en quadrature ou en croissant, le terminateur était toujours plus polarisé que les bords et la polarisation subissait des fluctuations irrégulières inobservées pour des angles inférieurs à 60°.

Ces recherches peuvent conduire à des données nouvelles sur la nature des atmosphères et surfaces planétaires; un nuage de gouttelettes donne en effet dans le laboratoire une courbe de polarisation semblable à celle de Vénus avec deux points d'inversion.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1923. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 86 jours d'observations (¹) dans ce trimestre, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — On a enregistré 13 groupes dont l'aire moyenne totale est de 459 millioniémes, au lieu de 6 groupes et 57 millionièmes, précédemment (²).

Cette augmentation, de part et d'autre de l'équateur, est de 2 groupes au sud (5 au lieu de 3) et de 5 au nord (8 au lieu de 3).

D'autre part, il y a eu 46 jours où le Soleil a paru dépourvu de taches, d'où un nombre proportionnel de 0,53 au lieu de 0,74.

Enfin les lieux de formation des taches continuent à se rapprocher de l'équateur : les latitudes moyennes, qui étaient $-6°,0$ et $+7°,5$, ont passé à $-4°,2$ et $+3°,0$.

Régions d'activité. — Les facules ont été moins nombreuses : au total, on a noté 39 groupes au lieu de 50, et une surface de 24,6 millièmes au lieu de 32,0.

La répartition de cette diminution des groupes est de 6 (12 au lieu de 18) dans l'hémisphère austral, et de 5 (27 au lieu de 32) dans l'hémisphère boréal.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril. — 0,46.			
30– 2	4	1,7		+ 5	70
14–15	2	13,0	— 5		8
17–18	2	15,4		+ 4	12
19–28	9	23,9	— 6		29
	28 j.		— 5°,5	+ 4°,5	
		Mai. — 0,67.			
12–13	2	12,8		+ 7	12
22	1	23,9		+ 7	4
23–26	3	27,2	—10		13
	30 j.		—10°	+ 7°	
		Juin. — 0,46.			
28– 1	5	2,6		+ 9	34
1– 3	3	4,9	— 7		15
21	1	16,8		+29	3
25–26	2	21,0		+ 4	56
18–25	7	21,4	— 4		18
25– 3	9	28,1		+ 9	185
	28 j.		— 5°,5	+12°,8	

(¹) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 681.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1923.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril........	»	»	»	»	2	2	2	2	»	»	»	»	4	119
Mai..........	»	»	»	»	1	1	2	2	»	»	»	»	3	29
Juin.........	»	»	»	»	2	2	4	3	»	1	»	»	6	311
Totaux...	»	»	»	»	5	5	8	7	»	1	»	»	13	459

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1923.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril........	»	»	»	»	4	4	7	6	»	1	»	»	11	7,9
Mai..........	»	»	1	2	2	5	7	3	1	3	»	»	12	4,9
Juin.........	»	»	»	»	3	3	13	7	2	2	1	1	16	11,8
Totaux....	»	»	1	2	9	12	27	16	3	6	1	1	39	24,6

GÉOGRAPHIE. — *La longueur des rivières de la Russie d'Asie et sur le système de mesure des rivières sur les cartes en général.* Note de M. J. DE SCHOKALSKY.

Connaître les longueurs des rivières ce n'est point un besoin purement géographique, ces données sont indispensables dans beaucoup d'autres sciences et certainement dans la pratique de la vie. On trouve ces longueurs dans un nombre d'ouvrages de référence, mais si l'on compare ces chiffres on trouve toujours des différences plus ou moins grandes et quelquefois surprenantes.

Cela prouve que la question des longueurs des rivières n'est pas encore résolue d'une manière satisfaisante et même pour les rivières de l'Europe, on ne possède pas de résultats à la hauteur de la science moderne.

Après avoir étudié la question et compulsé tous les travaux similaires, je suis arrivé à la conclusion que, pour élucider à quoi sont dues ces différences, il faut savoir dans chaque cas : 1° comment on a mesuré les lignes courbes des rivières sur les cartes; 2° comment on a pris en considération l'échelle de la carte; 3° quels points furent considérés comme les sources des rivières et ceux de leurs embouchures; 4° comment on a pris en considération la sinuosité des rivières. Dans la plupart des travaux sur les longueurs des rivières, toutes ces questions sont très mal éclairées; on parle encore de

la première, mais les trois autres ordinairement ne sont pas même mentionnées. Je me permets d'émettre l'opinion que très probablement ces trois dernières conditions, indispensables pour arriver à un bon résultat, furent étudiées pour la première fois dans le travail, dont j'ai l'honneur de présenter le résultat à l'Académie.

La question — comment mesurer les longueurs des rivières — fut résolue de la manière suivante. En premier lieu on trouva que l'unique instrument sérieux c'était le compas ordinaire. Pour fixer l'ouverture du compas, laquelle doit certainement varier avec l'échelle de la carte, on a fait faire par deux personnes 20 mesurages de deux rivières, une très sinueuse, l'autre avec le tracé le plus simple, au moyen de 10 ouvertures du compas.

Cet essai prouva que les mesurages successifs concordaient très bien et que, avec le rétrécissement de l'ouverture du compas, la longueur de la rivière augmentait assez vite jusqu'à l'ouverture de 0,05 pouce ($1^{mm},3$), puis se ralentissait. Nous avons adopté cette ouverture pour tout le travail. Un petit essai supplémentaire nous démontra que la largeur du trait de la rivière sur la carte était d'une influence minime.

Pour le travail définitif nous avons commandé des compas avec des pointes fixes ayant l'ouverture de $1^{mm},3$ (0,05 p.), ces compas ont été numérotés et vérifiés fréquemment en mesurant sur les marges de la carte des lignes droites d'une longueur donnée.

L'échelle des cartes sur lesquelles on a mesuré les longueurs des rivières dans la plupart des travaux antérieurs n'entrait pas du tout en considération. Notre carte était à l'échelle de $\frac{1}{4200000}$, à la projection de Gauss, le cône coupant l'ellipsoïde le long des parallèles de 54°-56°. La différence des échelles pour les latitudes au nord de cette zone atteignait 11 pour 100 et pour la partie au sud de la zone avec échelle unité, elle allait jusqu'à 5 pour 100.

On trouva ensuite quelle est la largeur de la zone de latitude pour laquelle l'échelle peut être considérée comme invariable et alors pendant le travail on notait le numéro de la zone pour prendre ensuite en considération le changement de l'échelle.

Pour fixer invariablement ce qu'on considérait comme source et comme embouchure de la rivière, on indiqua ces points par les coordonnées géographiques, évitant ainsi tous les malentendus.

Il restait à élucider la question : comment prendre en considération la sinuosité des rivières. Jusqu'à présent personne ne l'a fait.

Nous nous sommes arrêté au système suivant :

En étudiant soigneusement la carte nous avons trouvé une portion d'une rivière quelconque la plus sinueuse possible et une autre partie d'une rivière différente du tracé plus simple qu'il était possible de trouver sur la carte. Ces deux portions étaient prises comme extrémités de notre échelle de sinuosité. Il était facile de trouver autant de numéros intermédiaires qu'on le voulait.

Pour obtenir l'expression des numéros de l'échelle de sinuosité en chiffres absolus on a construit des abaques et au moyen d'eux on trouva ces données. Fort de ce résultat on procéda à la mesure des longueurs des rivières sur la carte, ce qui fut fait par deux opérateurs, chacun d'eux mesura chaque rivière de l'amont à l'aval et en sens contraire.

C'est quand presque tout le travail fut terminé qu'une idée nous vint : Au lieu d'obtenir la valeur des numéros de l'échelle de sinuosité en les mesurant directement, faire la même opération sur les épreuves agrandies de dix fois par la photographie. Cela revenait à des mesures des mêmes types de l'échelle avec des ouvertures du compas dix fois plus petites.

On étudia ces résultats au moyen des abaques et l'on trouva que les places des types I et II devaient être renversées. Pour le calcul définitif on a pris cela en considération.

Dans le Tableau définitif on donne, en outre de la longueur des rivières, beaucoup d'autres indications utiles pour la science et la pratique.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelles dans les métalloïdes à l'état liquide.* Note de M. **Maurice Curie**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans une étude sur la photoluminescence[1], j'ai indiqué les raisons générales auxquelles on peut attribuer la production de spectres continus en milieu très condensé. La première de ces raisons est la non-uniformité du champ de force intermoléculaire qui agit sur un électron écarté, par l'excitation, d'une région externe de l'atome. Cette cause donnée à l'apparence spectrale continue doit exister quels que soient les atomes en présence.

En relation avec ces indications, j'ai voulu rechercher si les spectres continus d'étincelles que l'on observe en milieu liquide sont toujours liés à la présence d'hydrogène; c'est à ce gaz que l'on attribue la large bande continue apparaissant dans le spectre d'étincelles éclatant dans l'eau entre pointes

---

(1) Maurice Curie, *Thèse*, 1923.

métalliques. Certains physiciens ont étudié cette catégorie de spectres dans différents liquides mais tous hydrogénés sauf, à ma connaissance, Konen [1] qui a utilisé le sulfure de carbone.

D'autre part j'ai voulu voir s'il n'y avait pas ici rétrécissement ou résolution des bandes aux basses températures, faits que l'on n'observe pas pour les larges bandes de photo-luminescence des sulfures phosphorescents.

J'ai utilisé des pointes de platine et des métalloïdes non combinés : brome liquide, oxygène liquide, soufre fondu, azote liquide, phosphore fondu.

Le dispositif employé était le suivant : la tension était fournie par une puissante bobine de Ruhmkorff. L'étincelle, fortement condensée, éclatait à la fois entre les deux électrodes de platine (3^{mm} de diamètre) plongées dans le liquide et entre deux électrodes d'aluminium placées dans le circuit, dans l'air. L'écart des pointes d'aluminium était fixe et de 12^{mm} ; l'écart des pointes de platine était porté au maximum permettant le passage régulier de l'étincelle et fut toujours inférieur à un demi-millimètre.

Spectrographe à prismes multiples flint-crown donnant, pour les radiations visibles, un spectre d'une longueur de 40^{mm} environ ; plaques panchromatiques Ilford, sensibles jusqu'à $850^{\mu\mu}$; temps de poses de l'ordre d'une minute.

J'ai observé, dans tous les liquides étudiés, la production d'un large spectre continu. La limite de l'impression de la plaque était toujours sensiblement la même du côté des grandes longueurs d'ondes ($725^{\mu\mu}$ environ).

Du côté des courtes longueurs d'ondes, la limitation semble surtout provenir de l'absorption par le liquide ou par le verre du système dispersif ; cette limite était approximativement :

		$\mu\mu$
Avec	le brome liquide..........	600
»	le soufre fondu............	500
»	le phosphore fondu.........	475
»	le oxygène et azote liquides.	390

Les bandes d'absorption de l'oxygène apparaissaient très nettement.

Les raies d'émission du platine sont peu distinctes sur le fond continu ; elles semblent généralement élargies et diffuses.

Aucune raie renversée n'est apparue avec le platine, dans le domaine des longueurs d'ondes étudié ; on sait que ces raies, qui se détacheraient en blanc sur la plaque photographique, correspondent aux spectres de

(1) Konen, *Ann. der Phys.*, 1902.

flamme ([1]). En employant des pointes d'aluminium et l'azote liquide, j'ai pu observer le renversement complet des raies 396 et 394$^{\mu\mu}$ aux basses températures; de plus, l'examen du spectre continu à l'aide d'un réseau très dispersif n'a donné aucun indice de structure fine.

Les raies renversées correspondent à une absorption par certains centres métalliques (Al), cette absorption n'étant pas suivie d'émission. Des faits analogues se retrouvent pour les substances photoluminescentes à impuretés phosphorogènes, pour de fortes concentrations en phosphorogène.

Dans aucun des liquides étudiés, il n'y eut persistance apparente de l'émission lumineuse.

PHYSIQUE. — *L'expérience de Michelson et la contraction de Lorentz.* Note ([2]) de M. E. **Brylinski**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons vu dans nne précédente Note ([3]) que l'expérience de Michelson doit donner, lorsqu'on ne dérègle pas l'un des miroirs pour obtenir des franges d'interférence, une tache lumineuse d'éclairement variable suivant l'orientation du plateau.

Le fait que les deux ondes traversent la glace G et que l'une des ondes traverse en outre une glace compensatrice ne paraît pas de nature à modifier cette conclusion, puisque l'indice de réfraction d'un corps placé à la surface de la Terre est indépendant, à une approximation très élevée, de son orientation.

De même il semble douteux que les dispositifs optiques qui permettent d'obtenir des ondes planes au repos absolu maintiennent cette planicité lorsqu'ils sont en mouvement. On aura donc vraisemblablement affaire à des ondes sphériques de très grand rayon, sans qu'il en résulte de modification appréciable aux résultats obtenus. On aura peut-être quelques anneaux colorés sur l'écran au lieu d'une plage uniformément éclairée.

L'expérience a donné jusqu'à présent ([4]) des résultats négatifs, que M. Lorentz a tenté d'expliquer par une contraction de la matière dans le sens du mouvement, les dimensions transversales restant inchangées.

([1]) L. et E. Bloch, *J. de Phys.*, 1922.

([2]) Séance du 5 novembre 1923.

([3]) Voir *Comptes rendus*, t. 177, novembre 1923.

([4]) Il semble que des expériences récentes effectuées aux États-Unis d'Amérique aient donné un résultat positif; mais nous ne possédons pas de renseignements assez précis pour en faire état actuellement.

Reprenons donc nos calculs en supposant une semblable contraction s, mais en admettant dorénavant l' différent de l.

Si, en effet, on peut régler optiquement l et l' à l'égalité dans la situation du plateau où le mouvement de la Terre est à 45° avec les droites OM_1 et OM_2, on aura une plus grande sensibilité en réglant d'abord dans la première position la plage éclairée de l'écran au maximum d'éclairement par une position convenable du miroir M_2, et faisant ensuite tourner le plateau.

Nous aurons les résultats suivants :

$$t_1 = 3\frac{l}{c}\,\frac{1}{1-\frac{\beta^2}{2}},$$

$$t_2 = \frac{l}{c}\,\frac{1}{1-\frac{\beta^2}{2}} + \frac{2sl'}{c}\,\frac{1}{1-\beta^2},$$

$$t_3 = \frac{sl}{c}\left(3+\beta+\frac{3}{2}\beta^2+\frac{5}{2}\beta^3+\frac{3}{4}\beta^4+\ldots\right),$$

$$t_4 = \frac{sl}{c}\cdot\frac{1+\beta}{1-\frac{\beta^2}{2}} + \frac{2l'}{c}.$$

Le premier réglage aboutit à rendre égaux t_1 et t_2, le résultat négatif de l'expérience oblige à admettre que t_3 est égal à t_4. On en déduit immédiatement

$$s^2 = \frac{1-\frac{\beta^2}{2}-\frac{\beta^4}{4}-\ldots}{1+\frac{\beta^2}{2}+\beta^3+\frac{\beta^4}{4}+\ldots} = 1-\beta^2-\beta^3-\ldots$$

au lieu de la valeur $(1-\beta^2)$ déterminée par M. Lorentz.

Ainsi la contraction de la matière qu'exigerait le résultat négatif de l'expérience de Michelson ne serait pas celle de Lorentz; elle comporterait des termes d'ordre supérieur au second, et notamment des termes impairs.

Il est d'ailleurs aisé de voir qu'en égalant l et l' dans la position à 45° la contraction devrait être égale à

$$s' = 1-\frac{\beta^2}{2}-\frac{\beta^4}{4}-\ldots$$

pour réaliser l'égalité de t_1 et de t_2, et à

$$s'' = \left(1-\frac{\beta^2}{2}\right)\left(1-\frac{\beta^3}{1-\beta^2+\frac{3}{2}\beta^3}\right)$$

pour réaliser l'égalité de t_3 et de t_4. Non seulement il y a des termes supérieurs dans l'expression de la contraction, mais cette expression n'est plus la même pour les deux orientations du plateau; il n'y a plus *une* contraction de la matière susceptible d'expliquer le résultat négatif de l'expérience de Michelson.

En outre, le fait que la contraction contiendrait un ou plusieurs termes de degré impair en β est de nature à montrer qu'une pareille contraction ne saurait avoir d'existence réelle; cette contraction dépendrait, en effet, du signe de v, elle différerait suivant que la vitesse v serait positive ou négative, ce qui est inacceptable.

Peut-être objectera-t-on que l'hypothèse admise dans nos calculs de l'égalité de l'' et de l est la cause de ce résultat. Mais si l'on refait les calculs en supposant l'' quelconque, on constate :

1° Que la différence $l - l''$ n'intervient pas dans l'expression de $t_2 - t_1$;

2° Que, dans l'expression de $t_4 - t_3$, cette différence n'intervient que par un terme correctif de l'ordre de

$$\beta^3 \frac{l'' - l}{l},$$

qui est négligeable au point de vue qui nous occupe;

3° Qu'enfin, si l'on annule l'' afin de voir ce qui se passe au centre de la glace G, on constate que le terme du troisième ordre en β subsiste.

On pourra toujours admettre des contractions *apparentes*, résultant de l'emploi de certains groupes de transformation des coordonnées jugés nécessaires pour rendre compte des effets du mouvement, et l'on pourra toujours trouver de pareils groupes, capables de rendre compte du résultat négatif de l'expérience de Michelson (il y en a même théoriquement une infinité). Mais le résultat négatif de l'expérience de Michelson, bien loin de conduire à une contraction longitudinale de la matière ne dépendant que de la vitesse, contredit expressément une semblable notion.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelle extension des spectres d'étincelle de l'étain et du zinc dans la région de Schumann.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

Nous avons décrit précédemment un spectrographe à vide d'un modèle spécial, comportant un prisme et des lentilles de fluorine, à l'aide duquel nous avons pu étendre dans la région de Schumann les spectres d'étincelle

d'un grand nombre d'éléments ([1]). Ces spectres atteignent une limite comprise, suivant les cas, entre 1550 et 1400 angströms.

En apportant divers perfectionnements à notre montage, et en faisant jaillir les étincelles dans l'azote au lieu d'hydrogène, nous avons pu reculer notablement cette limite. Nos spectres s'étendent maintenant jusqu'à 1300 angströms environ. L'accroissement de la dispersion de la fluorine au voisinage de sa bande d'absorption, ainsi que l'amélioration générale des clichés, nous ont permis d'obtenir une finesse de détails qui surpasse celle dont sont susceptibles dans cette région les meilleurs réseaux actuellement connus.

Les mesures ont porté d'abord sur les raies de l'étain, que nous avons comparées aux étalons de l'hydrogène mesurés par Lyman. L'étain a servi d'étalon secondaire pour les autres corps. Nous avons étudié de cette façon la plupart des éléments qui avaient fait l'objet de nos recherches dans le domaine des longueurs d'ondes plus grandes : la liste de leurs raies a été complétée et prolongée. La précision des résultats nous paraît être, en moyenne, de l'ordre de 0,1 angström.

Nous donnons aujourd'hui les nombres relatifs à l'étain et au zinc. Pour l'étain, entre 1700 et 1400 angströms nous ajoutons 45 raies nouvelles aux 11 raies que nous avons données antérieurement; les 28 raies à partir de 1400 angströms sont toutes nouvelles. Les raies du zinc ont déjà été mesurées au réseau par Sawyer ([2]), mais cet auteur en donne 15 entre 1552 et 1310 angströms, alors que nous en avons trouvé 107 et publié antérieurement 19; 73 de nos raies sont donc également nouvelles. Dans la colonne intitulée Observations nous signalons, entre autres choses, les longueurs d'ondes de celles des raies antérieurement publiées par nous qui peuvent servir à raccorder l'ancien domaine au nouveau; les nombres donnés ici doivent naturellement être préférés aux anciens ([3]).

([1]) Léon et Eugène Bloch, *Comptes rendus*, t. 170, 171 et 172, 1920 et 1921; *Journal de Physique*, t. 2, 1921, p. 229.

([2]) Sawyer, *Astrophysical Journal*, t. 52, 1920, p. 297.

([3]) La mention « comm. » s'applique à quelques raies signalées par Lyman, Hopfield, etc., qui sont communes à la plupart des spectres d'étincelle.

Étain.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
3	1699,0	1699,0	1	1550,6		2	1398,9	diff.
2	1675,0		0	1548,7	dout. comm.	0	1396,5	
1	1673,9		1	1542,8		1	1395,1	
1	1672,4		0	1540,6	diff.	3	1393,9	
2	1664,7	1665,3	0	1537,7		3	1391,3	
1	1648,0	t. diff.	0	1534,0		3	1386,9	
0	1646,7		1	1532,9		0	1383,0	
1	1645,3		1	1528,1		2	1380,9	
1	1644,3	double?	2	1520,2	diff.	0	1375,5	
3	1639,9	t. diff.	2	1518,2	nette	2	1370,8	
0	1636,7	diff.	1	1514,5	diff.	2	1369,9	
2	1628,4	renv.	3	1489,7	1489,6	2	1365,5	
1	1624,3		1	1487,2	nette	1	1364,0	
2	1622,5		1	1483,6	nette	2	1360,3	
1	1619,3		0	1476,8		2	1358,8	
2	1602,0	diff.	7	1475,1	1475,6 renv.	3	1347,7	
0	1598,3		2	1468,0	nette	2	1346,1	
0	1593,6		0	1463,6		1	1336,9	
0	1588,7	diff.	2	1459,6	t. diff.	2	1334,5	
1	1586,4		3	1450,1		2	1327,0	
1	1584,7	nette	4	1437,7	1437,9 nette	0	1319,1	dout.
1	1581,0	nette	0	1428,8		0	1318,2	dout.
3	1574,3	1574,6	0	1425,4		1	1317,2	
3	1570,2	1570,6	0	1421,5		2	1315,8	
1	1560,8	comm.	0	1418,8		3	1313,7	
2	1558,6	nette	2	1412,3	comm.	2	1311,2	
2	1554,8	diff.	3	1410,8		1	1310,1	
1	1552,4	renv.	4	1400,7	1401,1 renv.	2	1304,8	

Zinc.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1555,9	1555,9	1	1540,0		0	1518,7	
1	1553,7		1	1536,8	diff.	4	1515,9	1515,9
2	1553,0	1552,7	1	1535,4	1535,4 diff.	0	1514,9	
2	1552,2	1552,2	1	1531,1	t. diff.	1	1513,6	
0	1548,4	diff.	1	1528,7		1	1511,9	diff.
2	1546,7	1547,1	2	1527,9		2	1510,5	1510,5
1	1545,0		2	1527,0		2	1508,8	1508,8
1	1543,3	diff.	2	1523,6	t. diff.	4	1506,1	1506,1
1	1541,8		2	1521,3	diff.	1	1503,5	diff.
2	1541,0		1	1520,7		3	1500,6	1500,6

Zinc (suite).

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
3	1499,5	1499,5	2	1421,3		1	1364,2	
3	1498,9		3	1420,2		2	1363,7	
1	1497,5	nette	4	1412,2	comm.	3	1362,9	
3	1491,3	1491,3	0	1410,1		1	1362,4	
1	1489,4	nette	1	1409,0		4	1360,0	diff.
6	1486,4	1486,4	2	1406,6		0	1357,8	
1	1482,3	nette	2	1402,0		0	1355,6	
3	1478,6	1479,0	2	1395,8		1	1354,3	t. diff.
5	1477,5	1477,5	3	1395,1		1	1353,1	
5	1473,5	1473,9	1	1391,4		1	1350,3	double?
1	1472,1	nette	1	1390,5		1	1348,0	
2	1465,8	1466,1	2	1389,8		1	1346,4	
3	1464,3	1464,5	2	1387,6	diff.	2	1343,5	
5	1456,8	1457,3	0	1381,0		0	1340,3	dout.
5	1451,0	1451,3	2	1379,5	nette	1	1339,0	
5	1445,3	1445,4	2	1377,8	renv.	1	1333,2	diff.
1	1442,7	1443,2 nette	0	1375,3		1	1331,8	diff.
0	1441,9		2	1374,8		1	1330,2	diff.
3	1439,3	diff.	3	1373,9		3	1328,3	
1	1436,4		0	1372,9	diff.	1	1326,7	
1	1434,1		0	1371,8		1	1325,6	
3	1432,4		1	1370,8	diff.	1	1324,6	
2	1430,4		2	1369,7		2	1323,4	comm.?
2	1426,9		2	1368,3		1	1322,3	
2	1425,5		2	1867,1	double	1	1319,1	
2	1423,3		3	1365,9		2	1318,7	
0	1422,0		2	1364,6		2	1310,2	diff.

PHYSIQUE. — *Biréfringence électrique du camphre et de la carvone.* Note [1] de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. Brillouin.

Nous avons montré, dans une Note précédente [2], que la mesure de la constante de Kerr des *corps optiquement actifs* ne pouvait pas être faite, en général, par le procédé habituellement employé pour les corps inactifs. Nous avons défini la biréfringence électromagnétique *vraie* d'un corps actif et indiqué les principes d'après lesquels cette grandeur devait être mesurée.

---

(1) Séance du 12 novembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 380.

Nous donnons aujourd'hui quelques résultats, obtenus dans l'application de cette méthode.

Dispositif de mesure. — Le dispositif expérimental comprend : 1° une partie électrique; 2° une partie optique.

1° Les corps à étudier présentant des propriétés diélectriques assez variables et souvent médiocres, nous avons choisi un procédé d'électrisation permettant d'éliminer, autant que possible, l'influence perturbatrice de l'effet Joule. Nous avons utilisé, dans ce but, la méthode de « charges instantanées » établie par Pauthenier [1] en la modifiant légèrement, de façon à obtenir une lumière intense et plus strictement *monochromatique*. Le courant à haute tension, fourni par un transformateur (20000-40000 volts efficaces), est redressé au moyen d'un contact tournant (modèle radiographique); le condensateur principal ($\frac{1}{50}$ de microfarad) se décharge périodiquement sur le condensateur de Kerr et sur le condensateur d'éclairage : un petit ventilateur Rateau, mû électriquement, assure le soufflage de l'étincelle qui détermine le potentiel de charge. Les durées de charge adoptées pour les mesures, sont de l'ordre de 10^{-6} seconde : elles sont réglées par des résistances variables, associées aux différentes capacités.

2° L'étincelle éclairante éclate entre deux petits blocs d'*argent*, taillés en biseau. Nous avons choisi ce métal pour les raisons suivantes : le spectre de l'argent renferme une raie verte, indiquée comme très brillante, de longueur d'onde $0^{\mu},5465$; elle coïncide donc pratiquement avec la raie verte du mercure. Il est ainsi possible de faire tous les réglages optiques sur une source *fixe*, celle-ci étant constituée par une lampe à vapeur de mercure dont l'image diaphragmée est projetée par une lentille, dans l'intervalle exact des pointes d'argent du déflagrateur : il suffit ensuite d'éteindre l'arc au mercure et de faire jaillir l'étincelle pour observer une lumière monochromatique bien déterminée, sans avoir à déplacer les appareils. Le faisceau lumineux est décomposé par un prisme à CS^2; des diaphragmes appropriés isolent la raie 546 et assurent le parallélisme des rayons. Le polariseur est un prisme de Glazebrook, monté sur cercle divisé, et l'analyseur est l'appareil général de Chaumont, qui permet de déterminer le rapport et l'orientation des axes d'une vibration elliptique quelconque. Le champ est mesuré par la biréfringence du sulfure de carbone, dans un condensateur étalon fixe.

Résultats. — Nous avons étudié successivement plusieurs corps actifs; nous indiquerons aujourd'hui les résultats généraux obtenus pour le camphre et la carvone.

---

(1) PAUTHENIER, *Thèse*, Paris, 1920.

I. Camphre en solution dans l'hexane (éther de pétrole léger).

Longueur du condurateur (corr.). $l_c = 100^{mm}$.
Intervalle des plateaux.......... $e = 4^{mm},55$.

Première solution :

$c = 24,5$, $\omega_{eff} = +17°,0$,
$V = 18500$ volts, $\varphi = +9°,8$.

Azimut α_0.	Ellipticités (γ) calculée.	Ellipticités (γ) observée.
°	° ′	° ′
0..	+1.17	+1.18
+30..	+4.36	+4.34
+45..	+4.29	+4.27

Deuxième solution :

$c = 37,6$, $\omega_{eff} = +25°,85$.
$V = 19200$ volts, $\varphi = +15°,8$.

Azimut α_0.	Ellipticités (γ) calculée.	Ellipticités (γ) observée.	Orientation (α) calculée.	Orientation (α) observée.
°	° ′	° ′		
−30......	−4.15	−4.18		
−11.30′..	+0.23	0...	° ′	° ′
0......	+3.19	+3.10	−0.15	−0.17
+33.30′..	+7.37	+7.29		
+45......	+6.51	+6.56	+0.36	+0.36

L'accord est ici très bon et nous pouvons conclure de la manière suivante :

Les solutions de camphre dans l'hexane vérifient remarquablement le principe de superposition de Gouy : tout se passe à peu près exactement (pour les champs étudiés) comme si la biréfringence vraie φ de la solution se superposait purement et simplement au pouvoir rotatoire normal ω.

De plus : *la biréfringence électrique du camphre est positive et sensiblement indépendante de la concentration.* (On sait qu'il en est de même de son pouvoir rotatoire.)

Ce résultat conduirait pour la constante de Kerr du camphre *pur* (1) à la valeur

$$B = +159, \quad (CS^2 = +100), \quad \lambda = 0^{\mu},546.$$

II. La *carvone* possède une biréfringence électrique *positive* très supérieure, mais son étude est difficile, car ce liquide présente une conductibilité notable et persistante.

Cette étude est néanmoins intéressante, en raison de l'importance de la *rotation des axes* de l'ellipse. (Ces rotations ont dépassé 15° dans nos expériences.)

Nous avons fait plusieurs séries d'observations, chacune étant répétée et

(1) Déduction faite de la biréfringence très faible de l'hexane que nous avons mesurée séparément.

contrôlée. Ne pouvant en donner ici le tableau faute de place, nous indiquerons seulement nos conclusions générales.

L'allure des phénomènes est encore exactement conforme aux formules déduites du principe de superposition : au point de vue quantitatif, il existe pourtant des écarts; en particulier, les rotations maxima des axes de l'ellipse ont toujours paru systématiquement supérieures aux rotations calculées.

Ces écarts systématiques semblent en outre nettement supérieurs aux erreurs d'expérience, bien que celles-ci soient notables en raison du fait signalé.

D'après la théorie moléculaire que nous avons développée ([1]), ces écarts doivent nécessairement apparaître pour les champs intenses ou les corps de grande biréfringence : dans ce cas, *l'orientation des molécules par le champ électrique serait suffisante pour rendre sensible l'anisotropie de leur activité optique* ([2]).

Il résulte enfin de nos mesures que la constante de Kerr de la carvone est approximativement

$$B = +730, \qquad (CS^2 = +100), \qquad \lambda = 0^{\mu},546.$$

RADIATION. — *Sur le changement de longueur d'onde accompagnant la diffusion des rayons X.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Dans un travail récent ([3]), M. A. H. Compton a découvert un fait remarquable : lorsque des rayons X monochromatiques sont diffusés par du graphite, leur longueur d'onde augmente; cet accroissement est d'autant plus grand que le rayon diffusé s'écarte davantage du rayon incident.

M. Compton a donné de ce phénomène une théorie fondée sur l'hypothèse des *quanta de lumière*, véritable théorie d'*émission*, qui choque au plus haut point nos idées habituelles sur la nature de la lumière.

En voici le principe : les rayons incidents de fréquence ν_0 sont constitués par de véritables projectiles ou quanta, possédant chacun une énergie $h\nu_0$ et une quantité de mouvement $\frac{h\nu_0}{c}$, h étant la constante de

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 427.

([2]) C'est avec intention que nous évitons de parler ici de l'anisotropie du *pouvoir rotatoire*. Pour préciser ce point, nous devons renvoyer à notre travail complet.

([3]) *Phys. Rev.*, juin 1923; cf. *Phil. Mag.*, t. 46, 1923, p. 897.

Planck et c la vitesse de la lumière. Lorsqu'un de ces projectiles rencontre un électron, il subit un choc; il est dévié de sa route, perd une certaine énergie, une certaine quantité de mouvement qui se communiquent à l'électron. Le calcul se fait, comme en mécanique, pour des boules élastiques, en appliquant les lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement.

La seule différence entre un quantum et un projectile ordinaire est qu'après le choc, le premier continue à franchir l'espace avec la vitesse invariable c. Les pertes d'énergie et de quantité de mouvement ne peuvent se traduire que par une diminution de fréquence : si le quantum, après le choc, prend une direction faisant un angle θ avec les rayons incidents, sa fréquence devient ν_θ, son énergie $h\nu_\theta$; sa quantité de mouvement $\frac{h\nu_\theta}{c}$ est un vecteur faisant un angle θ avec la quantité de mouvement initiale.

Un calcul que chacun refera aisément montre que ν_θ est plus petit que ν_0 : l'accroissement de longueur d'onde par diffusion est donnée par la loi *très bien vérifiée par l'expérience dans le cas du graphite*

$$(1) \qquad \partial\lambda = \lambda_\theta - \lambda_0 = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) = 0,0242 . 10^{-8}(1 - \cos\theta),$$

où m est la masse de l'électron.

Le calcul suppose essentiellement que les forces qui relient l'électron considéré à l'atome sont assez faibles pour être négligées : *l'électron peut être considéré comme libre*. Cette hypothèse n'est valable que pour les éléments légers comme le graphite.

II. Il est facile de donner du même phénomène une autre théorie, toujours fondée sur l'hypothèse des quanta, mais cadrant un peu mieux avec nos habitudes.

Tout d'abord, on peut montrer que la théorie classique de la lumière prévoit un effet analogue dans le cas de la diffusion par les *électrons libres*.

Soit un train d'ondes de fréquences ν_0 rencontrant un électron. Ce dernier se trouve soumis, d'une part, au champ alternatif de l'onde, qui lui donne un mouvement de va-et-vient et, d'autre part, à la *pression de radiation* qui l'oblige à reculer, à fuir devant les ondes incidentes. Soit v sa vitesse à un instant donné.

D'après les formules classiques de l'effet Döppler les ondes incidentes ont, pour un observateur qui est lié à l'électron, non plus la fréquence ν_0, mais

$$\nu' = \nu_0\left(1 - \frac{v}{a}\right);$$

ν' représente encore, pour le même observateur, la fréquence du mouvement alternatif de l'électron et, par suite, des ondes secondaires qu'il envoie dans toutes les directions.

Un observateur immobile, qui reçoit les rayons diffusés dans un azimut θ, leur attribue une fréquence

$$\nu_\theta = \nu'\left(1 + \frac{v}{c}\cos\theta\right)$$

ou si $\frac{v}{c}$ est petit (condition de validité de ces formules)

$$\nu_\theta = \nu_0\left[1 - \frac{v}{c}(1 - \cos\theta)\right]$$

et enfin

$$\delta\lambda = -\frac{c\,\delta\nu}{\nu_0^2} = \frac{v}{\nu_0}(1 - \cos\theta), \tag{2}$$

formule analogue à (1).

Mais si la théorie classique était vraie, la pression de radiation communiquerait à l'électron un mouvement accéléré, v partirait de zéro pour atteindre une valeur limite, la raie ne serait pas déviée dans son ensemble, mais seulement estompée du côté des grandes longueurs d'onde, ce qui est contraire à l'expérience.

Il faut donc introduire les quanta par une hypothèse complémentaire.

(2) coïncidera avec (1) si nous faisons $v = \frac{h\nu_0}{cm}$ ou

$$mv = \frac{h\nu_0}{c}; \tag{3}$$

l'électron absorbe, avant de vibrer, toute la quantité de mouvement du train d'ondes incident.

III. Il est impossible de dire actuellement laquelle des deux théories proposées correspond le mieux à la réalité. Celle de Compton, plus radicale, est peut-être préférable. Mais il m'a semblé en tout cas utile de montrer que les phénomènes nouveaux, si étranges qu'ils paraissent au premier abord, vérifient, comme tous ceux que l'on connaît, le principe de correspondance de Bohr, correspondance entre les faits prévus par la théorie des quanta et les conséquences de la théorie classique, correspondance d'autant plus étroite que la période des phénomènes est plus grande, mais fort nette encore pour les très grandes fréquences étudiées par Compton (λ 0,63 Å).

ÉLECTRICITÉ. — *Une méthode particulièrement simple permettant de déterminer expérimentalement la réactance de dispersion des alternateurs triphasés.* Note de M. **Jean Fallou**, présentée par M. Paul Janet.

Les méthodes utilisées généralement pour mesurer la réactance de dispersion des alternateurs sont d'un usage toujours délicat, souvent même impraticable lorsqu'il s'agit de grosses unités installées dans les stations centrales.

Je veux démontrer ici que cette réactance de dispersion peut être calculée très facilement et avec précision lorsqu'on dispose de trois caractéristiques de l'alternateur, à savoir :

1° La courbe des intensités de courant dans l'induit en fonction de l'intensité dans l'inducteur pour la marche en court circuit triphasé;

2° Cette même courbe dans la marche en court circuit monophasé (deux phases en court circuit);

3° La caractéristique à vide.

En effet :

Soit n le nombre de conducteurs par pôle et par phase de l'induit.

Soit K un coefficient dont la valeur importe peu ici et qui dépend de la forme des pôles, du nombre d'encoches, de la forme du bobinage, etc.

Lorsque l'induit est le siège d'un courant I, le nombre d'ampères-tours maxima par pôle et par phase est

$$K n I \sqrt{2}.$$

En fonctionnement triphasé le nombre d'ampères-tours constituant la force magnétomotrice du champ tournant est donc

$$A_3 = K n I \sqrt{2}\, \frac{3}{2}.$$

En fonctionnement monophasé, chaque enroulement développe $K n I \sqrt{2} . \frac{1}{2}$ ampères-tours démagnétisants, et comme les deux bobinages en série sont décalés dans l'espace de 120° (angle électrique) les ampères-tours résultants sont

$$A_1 = K n I \sqrt{2} . \frac{\sqrt{3}}{2},$$

d'où une première relation générale

$$\frac{A_3}{A_1} = \sqrt{3},$$

ou, en passant aux courants d'excitation correspondants,

$$\frac{J_3}{J_1} = \sqrt{3}.$$

D'autre part, appelons s la réactance de dispersion d'une phase, et supposons, pour garder toute sa rigueur au calcul, que les bobinages des trois phases sont parfaitement symétriques.

En triphasé, la chute inductive de tension entre bornes est $sI\sqrt{3}$.

En monophasé, cette même chute de tension est $2sI$.

En appelant j_3 et j_1 les courants d'excitation correspondants,

$$\frac{j_3}{j_1} = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Considérons maintenant les deux caractéristiques en court circuit. Pour un même courant d'induit I, on relève

$$\left.\begin{matrix} M \\ N \end{matrix}\right\} \text{ ampères d'excitation dans le cas du court circuit } \left\{\begin{matrix} \text{triphasé,} \\ \text{monophasé.} \end{matrix}\right.$$

Or

$$M = J_3 + j_3 \qquad \text{et} \qquad N = J_1 + j_1.$$

On tire de là

$$J_3 = 2M - N\sqrt{3},$$
$$j_3 = N\sqrt{3} - M.$$

Connaissant j_3 on obtient s sans difficulté au moyen de la caractéristique à vide.

Appliquée à un turbo-alternateur de 40 000 kv-A, cette méthode nous a conduit au résultat

$$s = 0,20 \text{ ohm par phase},$$

tandis qu'un oscillogramme de mise en court circuit brusque nous avait fourni la valeur très voisine

$$s = 0,195 \text{ ohm}.$$

RADIOACTIVITÉ. — *Dosage du radium dans les titano-niobates naturels.* Note de MM. **Adrien Karl** et **S. Lombard**, présentée par M. G. Urbain.

Le dosage du radium s'effectue généralement en mesurant la quantité d'émanation produite pendant un temps déterminé, par des solutions aqueuses de chlorures ou de nitrates.

Pour mesurer la quantité de radium contenue dans un minéral, on le solubilise et on l'entraîne avec un excès de sel de baryum, à l'aide de traitements chimiques convenables.

La méthode d'attaque du minéral varie suivant sa composition, ainsi que la purification de la solution radifère. Celle-ci doit être rigoureusement exempte de matières insolubles, qui retiendraient de l'émanation.

La mise en solution de certains minerais, tels que l'autunite, la chalcolite, la carnotite, ne présente aucune difficulté, le radium qu'ils renferment est en général directement et entièrement soluble dans les acides chlorhydrique ou nitrique.

Il n'en est pas de même pour la plupart des minerais radioactifs du type titano-niobates ou titano-tantalo-niobates, renfermant de l'urane et des terres rares, tels que les euxénites, bétafites, samarskites, fergusonites, etc., qui exigent des traitements chimiques qui ne sont pas des opérations courantes.

La plupart des minerais envisagés sont attaquables par fusion avec du bisulfate de potasse. Or les acides titanique, tantalique et niobique, ainsi que l'urane et les terres rares donnent au rouge, avec ce sel, une matière fondue, parfaitement limpide, qui ne se trouble pas, même si l'on chasse une grande partie des vapeurs blanches d'anhydride sulfurique. Le bisulfate dissout également les sulfates de radium et de baryum dans la proportion d'environ 2,5 pour 100. Par contre, il ne dissout que de faibles quantités de silice.

Enfin, la masse fondue et portée à une température convenable pour être liquide, ne retient pas trace d'émanation, lorsqu'on entraîne ce gaz à l'aide d'un courant d'air.

Le dosage du radium peut donc se faire en opérant de la façon suivante :

Le minerai porphyrisé est traité par l'acide fluorhydrique, dans une capsule de platine. On chauffe pour éliminer la silice et l'acide en excès. Le résidu sec est porté à fusion avec du bisulfate de potasse et la température de la masse fondue est élevée

progressivement jusqu'au rouge. On prolonge la fusion jusqu'à élimination d'une grande partie des vapeurs blanches.

Après refroidissement, on ajoute du sulfate de soude, en proportion convenable pour obtenir un mélange eutectique plus fusible. L'addition de sulfate de lithium permet d'abaisser encore le point de fusion. La matière est de nouveau portée au rouge et mélangée par agitation, puis abandonnée au refroidissement; elle se détache spontanément de la capsule et se brise en plusieurs fragments. On l'introduit dans un gros tube à essai en verre Pyrex, que l'on ferme avec un bouchon de caoutchouc traversé par deux tubes de verre Pyrex, constituant ainsi un barboteur.

Le mélange est fondu à la flamme d'un brûleur Bunsen. A la température de 550° ou 600°, il est parfaitement fluide et limpide. On le prive d'émanation par un courant d'air.

Lorsqu'on veut entraîner ce gaz dans l'appareil de mesure, il est nécessaire de placer à la sortie du barboteur un tube de verre contenant de la chaux sodée maintenue vers 150°, qui retient les vapeurs acides entraînées.

Les résultats obtenus par cette méthode ont été comparés avec ceux que donne la voie humide. Ils sont plus concordants et plus précis.

Ce mode de dosage a été appliqué à un certain nombre de minéraux radioactifs de Madagascar tels que l'euxénite, la betafite, la samarskite, la samisérite, la blomstrandite et la fergusonite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure des molécules et spectres d'absorption des corps à l'état de vapeur.* Note [1] de M. **Victor Henri**, présentée par M. J. Perrin.

Le spectre d'absorption d'un corps est déterminé par le passage de ses molécules de l'état normal d'énergie E_0 à un autre état, appelé *activé* ou *sensibilisé* ou *critique* (Perrin), d'énergie supérieure E'. D'après le deuxième postulat de Bohr, la fréquence $\nu' = \frac{E' - E_0}{h}$ provoque cette activation; elle sera donc absorbée.

Le mécanisme de l'activation d'une molécule se ramène à des changements des mouvements des électrons, des atomes ou groupes d'atomes, et de la molécule entière. Nous distinguons trois sortes d'activation : *électronique*, *atomique* et de *rotation moléculaire*.

Étant donné que, même dans les atomes les plus compliqués, les mouvements des électrons sont quantifiés, on doit admettre que dans les molé-

[1] Séance du 12 novembre 1923.

cules les changements des mouvements électroniques se produisent d'une façon discontinue.

La plus faible valeur de l'énergie d'activation des atomes isolés varie entre 33400^{cal} (Cs) et 485000^{cal} (He) par atome-gramme; nous pouvons admettre que l'énergie d'activation électronique des molécules doit être supérieure à 30000^{cal} par molécule-gramme; on a donc pour la fréquence des bandes correspondantes $\frac{1}{\lambda} > \frac{30000}{2,85}$ cm^{-1}, c'est-à-dire $\lambda < 9500$ Å; les bandes d'absorption dues à l'activation électronique se trouvent dans le visible ou l'ultraviolet.

Les changements des mouvements de vibration des atomes ou groupes d'atomes se produisent soit d'une façon continue, soit discontinue — quantifiée. La variation est continue lorsque les atomes ou groupes d'atomes, qui vibrent les uns par rapport aux autres, sont des systèmes électriquement neutres. Ils sont quantifiés lorsque ces atomes ou groupes d'atomes sont *hétéropolaires*, la molécule est polarisée, c'est le cas de l' « ionisation intramoléculaire » de J.-J. Thomson.

La fréquence des vibrations atomiques est comprise entre 50 et 1000 cm^{-1}; l'énergie d'activation atomique est donc comprise entre 150 et 3000^{cal} par molécule-gramme; les bandes dues aux activations atomiques seules se trouvent dans l'infrarouge moyen.

La vitesse de rotation moléculaire ω peut varier soit d'une façon continue, soit discontinue — quantifiée. Lorsque la molécule est hétéropolaire et constitue un système rigide, cette vitesse sera quantifiée; on aura $\omega = \frac{m.h}{2\pi.\mathfrak{I}}$, m étant un nombre entier, $\mathfrak{I}$ le moment d'inertie de la molécule.

On aura donc

$$E_0 = \frac{m_0^2 h^2}{8\pi^2 \mathfrak{I}_0} \quad \text{et} \quad E' = \frac{m'^2 h^2}{8\pi^2 \mathfrak{I}'}, \quad \text{avec } m' = m_0,\ m_0 + 1,\ m_0 - 1.$$

La fréquence de rotation est de l'ordre de quelques unités en cm^{-1}; l'énergie d'activation de rotation moléculaire est de l'ordre d'une dizaine de calories par mol-gr; le spectre de rotation se trouve dans l'infrarouge extrême.

Lorsque la molécule est électriquement neutre, ou lorsqu'elle constitue un système plastique, facilement déformable, sans moment d'inertie fixe, la vitesse de rotation pourra varier d'une façon continue.

La combinaison de ces différents cas permet d'établir trois types de spectres d'absorption. Nous avons étudié avec MM. Braunholtz, Castille,

Grosmann, Klingstedt, Lardy, Laszlo, Luthy, Kuhn, Menczer, Muhr, Teves et Walter, les spectres d'absorption des vapeurs de près de 100 corps différents.

Premier type : Quantification triple. — Les mouvements électroniques, atomiques et de rotation moléculaire sont tous quantifiés. Le spectre se compose de plusieurs groupes de bandes (activation électronique), chaque groupe est formé d'une ou plusieurs séries de bandes (activation atomique) et chaque bande se décompose en une ou plusieurs séries de raies fines (activation de rotation moléculaire) très rapprochées.

La loi de distribution est donnée par la formule

$$\frac{1}{\lambda} = \left.\begin{matrix} A \\ B \\ C \\ \vdots \end{matrix}\right\} + n.a + \ldots + p.b + \ldots + q.c + \ldots \pm 2\alpha.m + \beta.m^2.$$

A, B, C, ... correspondent aux différentes activations électroniques, a, b, c, ... sont les fréquences des vibrations atomiques; α permet de calculer le moment d'inertie de la molécule et β la variabilité du moment d'inertie; n, p, q, m sont des nombres entiers positifs ou négatifs.

Exemples : vapeur de soufre depuis 200° jusqu'à 1000°; CS^2, SO^2, $COCl^2$, glyoxal, acroléine, cétène; benzène et ses monodérivés contenant les groupes CH^3, NH^2, OH, Cl, Br; le paraxylène; la pyridine; etc.

Deuxième type : Quantification double. — Les mouvements électroniques et de vibration atomique sont quantifiés, tandis que la vitesse de rotation moléculaire peut varier d'une façon continue. Le spectre se compose de plusieurs groupes, chaque groupe est formé de séries de bandes étroites (2 à 5 Å), mais ces bandes sont continues, elles ne se décomposent pas en raies fines.

Exemples : NH^3, CH^3NH^2, $C^2H^5NH^2$, thiophène, furane, pyrrol, diacétyle, aldéhyde crotonique; les monodérivés du benzène contenant les groupes COOH, COH, $COCH^3$, $NHCH^3$; une série de dérivés contenant deux noyaux benzéniques : naphtalène, $C^6H^5.CH^2.C^6H^5$, $C^6H^5.CH^2.CH^2.C^6H^5$, $C^6H^5.CO.CO.C^6H^5$, etc.

Troisième type : Quantification simple. — Les mouvements électroniques sont quantifiés, tandis que les autres mouvements varient d'une façon continue. Le spectre d'absorption est formé de plusieurs bandes larges parfaitement continues.

Exemples : H^2S, COS; tous les corps contenant : un carbonyle CO (cétones, aldéhydes saturés); un carboxyle COOR (acides, éthers saturés);

un groupe éthylénique; les corps contenant deux des groupes précédents en position β ou γ; les corps où ces groupes sont en position α, mais où les groupes saturés substitués sont compliqués; une série de corps à deux noyaux benzéniques tels que :

$$C^6H^5—C^6H^5, \quad CH^2=C.(C^6H^5)^2, \quad C^6H^5.NH.C^6H^5,$$
$$C^6H^5.N=N.C^6H^5, \quad \ldots.$$

L'ensemble de ces résultats apporte des renseignements relatifs à la grandeur, à la structure et à la stabilité des molécules. Nous sommes amenés à introduire dans les formules chimiques la notion de polarité électrique; on écrira par exemple pour le glyoxal $H.\overset{+}{C}O.\overset{-}{C}O.H$, pour l'acroléine $H^2\overset{+}{C}=CH.\overset{-}{C}O.H$, etc.

L'étude de la structure fine des bandes indique si la molécule est un système rigide (benzène, chlorure de benzène, acroléine, etc.) ou un système plastique (amines, etc.); dans le premier cas l'existence d'une seule valeur du moment d'inertie (benzène) indique que la molécule est symétrique; l'existence de deux valeurs de $\mathfrak{J}$ (exemple chlorure de benzène) indique une asymétrie. Lorsque $\mathfrak{J}'$ est différent de $\mathfrak{J}_0$ (exemple acroléine) la molécule est déformable ou labile.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la diffusion de la vapeur de soufre, dans l'air, à la température ordinaire.* Note de M. **Chavastelon**, présentée par M. A. Haller.

Si l'on dépose sur des lames d'argent, de cuivre, de plomb, découpées mécaniquement, de petits fragments brillants, de soufre, obtenus par concassage de soufre en canons, donc irréguliers, à la lumière et à l'obscurité complète, on observe d'abord un brunissement du métal autour des fragments de soufre et dans leur voisinage immédiat, puis la zone brune passe au noir et s'étend. Les parties les plus voisines du centre restent plus colorées que la périphérie, formant auréole. Le maximum de netteté est obtenu avec l'argent.

Après 6 mois, dans l'obscurité complète, à la température à peu près constante de $+12°$ C., pour des fragments dont le diamètre moyen a varié de $1^{mm},4$ à 3^{mm}, le diamètre des taches était compris entre $3^{mm},5$ et $6^{mm},3$. Le rapport $\frac{\text{diamètre des taches}}{\text{diamètre des fragments}} = 2,2$ en moyenne.

A la lumière, durant la même période, d'avril à octobre, aux températures comprises entre $+12^\circ$ et 30° C., le rapport précédent a été de 4,3 en moyenne.

La coloration des lames d'argent est due, à la lumière comme à l'obscurité, aux vapeurs de soufre qui, jusque vers 30°, produites en petites quantités, sont, au fur et à mesure, fixées par le métal et semblent localisées à faible distance autour des fragments.

Le phénomène reste le même si l'on supprime le contact immédiat du soufre avec le métal, soit en laissant un vide de $0^{mm},5$ à 1^{mm} autour du fragment de soufre, soit en l'isolant par une gouttelette de paraffine. Une variante consiste à placer, au-dessus de fragments de soufre distribués sur une lame de verre, une lame d'argent, de manière que les distances soient comprises entre 0^{mm} et $1^{mm},5$ et encore en renversant le dispositif, les fragments de soufre étant fixés par une mince couche de paraffine sur la face inférieure de la lame supérieure.

Dans les deux cas, fragments de soufre au-dessus ou au-dessous de la lame d'argent ont apparu, plus ou moins vite, des taches noires pour lesquelles le rapport $\frac{\text{diamètre de la tache}}{\text{diamètre du fragment}}$ était, au bout de 6 mois, de 4 en moyenne.

Pour une plus longue durée de l'expérience, d'octobre 1922 à octobre 1923, à des températures ayant varié de $+12^\circ$ à $+50^\circ$, le rapport précédent a varié de 5 à 7. Les distances auxquelles les vapeurs, plus abondantes, par suite de l'élévation de la température, agissent sur l'argent, représentent 3 à 4 fois le diamètre approximatif des fragments de soufre.

La sulfuration de l'argent se produisant hors de tout contact avec le soufre, à la lumière ou à l'obscurité, dans toutes les directions de l'espace, on peut dire que les vapeurs émises par le soufre ne se diffusent, dans l'air, qu'à des distances bien faibles, variant, jusqu'à 50°, avec la température, de 1,5 à 4 fois le diamètre approximatif des fragments de soufre.

D'autres expériences en cours conduisent à la même interprétation.

CHIMIE MINÉRALE. — *De la métallisation des organismes.* Note (¹) de M. **N.-D. Zelinsky**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le phénomène de métallisation que je vais décrire a été découvert au cours de recherches que j'ai entreprises sur la constitution chimique de l'organisme, en soumettant à l'analyse des animaux entiers.

(¹) Séance du 12 novembre 1923.

Je me suis adressé à de petits insectes dont le poids variait de $0^g,1$ à 1^g et un peu au delà. Les abeilles, dont on pouvait mettre plusieurs exemplaires à la fois dans le tube à combustion, se sont prêtées d'une façon particulière à l'expérience.

C'est en faisant le dosage de l'azote d'après le procédé de Dumas que j'ai eu la bonne fortune de découvrir le phénomène de métallisation.

L'abeille, ou tout autre petit animal, placée dans une nacelle de platine, est recouverte d'une couche d'oxyde de cuivre finement broyé. Le tout est introduit dans un tube à combustion ouvert à ses deux extrémités. Dès que l'air est chassé par l'acide carbonique, on procède à la combustion. Celle-ci terminée, on refroidit le tube dans l'atmosphère de CO^2 et l'on retire la nacelle.

On constate alors, sous la couche d'oxyde de cuivre en partie réduit, la présence d'un organisme métallisé ayant conservé ses dimensions, ses caractères morphologiques jusqu'aux moindres détails. Toute la surface de l'animal est recouverte d'une mince pellicule de cuivre métallique. On a l'impression d'être en présence d'un objet en métal, ciselé avec beaucoup d'art. Lorsqu'on le casse, on constate que la substance organique n'a pas subi de combustion complète : on trouve notamment sous la couche de cuivre une masse noire, sorte de produit de distillation sèche, qui rappelle le coke. En plus du carbone, cette masse renferme de l'azote et une faible quantité d'hydrogène.

L'analyse montre que l'abeille métallisée renferme 36,89 pour 100 de carbone, 1,74 pour 100 d'hydrogène, 2,68 pour 100 d'azote; en plus, l'examen complémentaire a montré que l'abeille desséchée renfermait 9,5 pour 100 de cendres.

La partie métallique représente donc 48,84 pour 100 (100 − 51,16) de l'insecte métallisé. Ce dernier, comme nous l'avons déjà indiqué, montre tous les détails de sa structure avec la plus grande netteté. Ainsi, dans le cas de la larve de Dytique, on distingue très bien sa grosse tête munie d'antennes, sa mâchoire si caractéristique, ses cavités oculaires, ses arceaux frontaux, ses trois paires de pattes couvertes de poils fins, le tout revêtu d'une mince couche de cuivre.

Il va sans dire que les plus petits insectes, de la dimension d'une tête d'épingle, se présentent aussi, après métallisation, avec leurs caractères individuels de structure.

Les téguments de certaines blattes, d'un dessin si fin, conservent toutes leurs particularités. La couche de métal qui les recouvre est si égale que

l'on croirait que l'animal, faisant office d'électrode négative, avait été immergé dans un bain galvanoplastique.

Le cuivre qui se dépose sur l'organisme vivant revêt, cela va sans dire, un caractère différent de celui qu'il offre d'ordinaire dans la nature. On dirait qu'on est en présence d'une pseudomorphose pour ainsi dire mécanique de cuivre, laquelle n'a d'ailleurs rien de commun avec le substratum dont il épouse la forme; tel serait le cas du quartz se déposant sur la calcite.

Quant au mécanisme de la métallisation, nous croyons que l'oxyde de cuivre, en se sublimant à 400°-500°, pénètre dans les couches superficielles des tissus, les minéralise, en se substituant aux éléments organiques de ces derniers; les parties organiques étant brûlées par l'oxygène de l'oxyde de cuivre.

Rien ne s'oppose, semble-t-il, à ce qu'on arrive à métalliser dans des conditions analogues des animaux de grande taille et même des corps humains.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'azote ammoniacal dans certaines matières azotées et particulièrement dans les matières protéiques et leurs produits de dédoublement.* Note de M. J. FROIDEVAUX, présentée par M. Lindet.

La mise en liberté de l'azote ammoniacal en présence des matières organiques azotées, qu'elle soit obtenue à la température ordinaire sous l'action des alcalis, ou bien qu'elle se produise à une température plus élevée par l'intermédiaire des alcalis ou des alcalino-terreux, provoque presque toujours en même temps une hydrolyse très appréciable de l'azote organique.

Dans le but d'éviter les causes d'erreurs plus ou moins importantes qui en sont les conséquences, nous avions proposé une méthode, peut-être un peu lente, mais qui nous a donné des résultats très voisins des chiffres théoriques [1]; nous avons donc été amené dans la suite à rechercher un autre mode opératoire d'exécution plus rapide. Les deux procédés se complètent mutuellement, le premier étant susceptible de suppléer le second dans quelques cas particuliers où ce dernier ne serait pas applicable.

Pour cette nouvelle étude, nous utilisons la méthode connue qui est basée

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1238.

sur la mise en liberté de l'azote ammoniacal et son entraînement par distillation en présence d'un alcali, en lui faisant subir une modification qui consiste à maintenir le milieu où se produit la réaction, dans un état de concentration constant, afin d'obtenir également une action hydrolysante constante du réactif libérateur de l'azote ammoniacal sur la molécule azotée.

Il sera facile, dès lors, de suivre la marche des phénomènes qui se succèdent, et pour déterminer la quantité d'azote ammoniacal, il suffira de procéder aux opérations suivantes :

1° Mise en liberté et entraînement par distillation de l'azote ammoniacal à la température de l'ébullition en présence de carbonate de lithium, proposé déjà par M. A. Leclère.

2° Le liquide qui passe à la distillation est recueilli, au fur et à mesure de sa condensation, dans un certain nombre de flacons gradués et numérotés, qui renferment un volume déterminé de liqueur acide de titre connu.

3° Ce liquide est remplacé constamment, au cours de son entraînement, par un égal volume d'eau distillée, qui s'écoule dans le ballon distillateur au moyen d'une éprouvette graduée (munie d'un robinet) surmontant celui-ci. Le ballon lui-même plonge dans un bain de $CaCl^2$, dont la concentration est telle que son point d'ébullition reste à + 110°.

4° Titrage du liquide distillé, recueilli et mesuré avec soin dans chaque flacon.

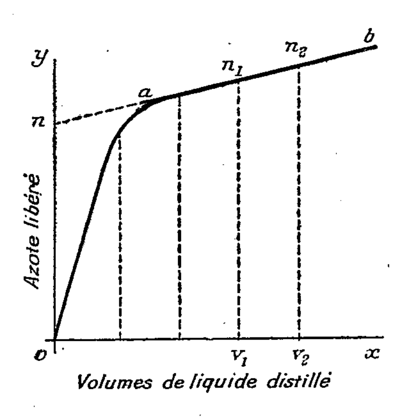
L'azote ammoniacal se dégage entièrement au début de la distillation, il n'influence pas la libération de l'azote hydrolysé provenant de la dégradation de la molécule azotée, ce dernier se dégageant plus lentement à une vitesse uniforme dès le commencement de l'opération.

Si l'on figure par un graphique, les phases sucessives des phénomènes qui se succèdent, et qu'on porte en ordonnées les quantités trouvées d'azote (azote ammoniacal + azote organique hydrolysé), en abscisses les volumes correspondants de liquide distillé recueillis dans chaque flacon, la forme générale de la courbe sera représentée par le tracé ci-contre.

La partie *oa* correspond à une perte simultanée d'azote ammoniacal et d'azote organique, la partie *ab* à une perte d'azote organique hydrolysé. Au point *a*, la libération de l'azote ammoniacal est entièrement achevée. La pente de la partie *ab* indique la vitesse de dégagement de l'azote organique seul. La droite *ab* prolongée donne donc, par son intersection avec l'axe des ordonnées, la quantité d'azote ammoniacal contenue dans la matière azotée.

Soient n_1 et n_2 les quantités d'azote total dosé, lorsque les volumes v_1 et v_2 ont été

recueillis à la distillation, nous les choisissons suffisamment grands pour que n_1 et n_2 soient sur la partie ab; on reconnaît qu'on a dépassé le point a lorsque les dégage-



ments d'azote hydrolysé sont proportionnels aux volumes distillés. Un calcul simple conduit rapidement à la valeur de $\overline{on}$ (azote ammoniacal). La droite ab a pour équation

$$y - n_2 = \frac{n_2 - n_1}{v_2 - v_1}(x - v_2);$$

cette droite rencontre l'axe oy en un point d'ordonnée

$$y = \boxed{\overline{on} = n_2 - \left(v_2 \frac{n_2 - n_1}{v_2 - v_1}\right)}$$

$n_2 - n_1$ est la quantité d'azote hydrolysé dosée dans le dernier flacon; $v_2 - v_1$ est le volume de liquide distillé recueilli dans ce flacon.

Voici quelques-uns des résultats que nous avons obtenus en appliquant ces principes :

Corps mis en expérience (sur 0g,5).	Azote ammoniacal [sous forme de $SO^4(NH^4)^2$] ajouté.	trouvé.	Corps mis en expérience (sur 0g,5).	Azote ammoniacal [sous forme de $SO^4(NH^4)^2$] ajouté.	trouvé.
	g	g		g	g
Ovoalbumine...	0,0265	0,0265	Phénylalanine...	0,0159	0,0158
Caséine........	0,0212	0,0211	Tyrosine........	0,0318	0,0319
Peptone.......	0,0159	0,0158	Tryptophane....	0,0053	0,0056
Glycocolle.....	0,0424	0,0426	Urée...........	0,0424	0,0419
Leucine.......	0,0053	0,0055	Créatine........	0,0265	0,0260
Asparagine....	0,0212	0,0210	Acide urique....	0,0318	0,0317

Cependant les composés à fonctions azotées ne se comportent pas tous

comme les corps qui sont énumérés dans ce Tableau : le chlorhydrate de monométhylamine, amine à radical alcoolique, réagit lorsque l'on emploie indifféremment l'un ou l'autre des deux procédés, comme les sels ammoniacaux proprement dits. La diphénylamine, amine à résidu phénolique, est entraînée à la distillation presque sans décomposition, mais l'ammoniaque pourra être dosée dans ce corps par le procédé de la soude à froid. Avec l'oxamide un des groupes NH^2 est libéré pendant la distillation, à la même vitesse que l'azote ammoniacal, l'autre groupe est hydrolysé beaucoup plus lentement; il faudra donc, pour doser l'ammoniaque dans l'oxamide, déterminer au préalable la quantité d'azote total; par contre, la méthode basée sur l'action de la soude à la température ordinaire est inapplicable.

En poursuivant cette étude, nous avons eu surtout pour but de contribuer à résoudre ce problème délicat qui est le dosage de l'azote ammoniacal en présence des protéines et de leurs produits de dédoublement, problème qui présente un intérêt pratique immédiat, principalement en ce qui concerne la chimie biologique, la recherche des altérations dans les matières alimentaires et certaines questions de chimie agricole et industrielle. Nous croyons aussi que le dosage de l'azote ammoniacal dans un grand nombre d'autres corps appartenant à la fonction azotée pourra être exécuté, si l'on applique judicieusement à cette détermination l'un des modes opératoires que nous avons proposés.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la dispersion de biréfrigérence dans les cristaux.* Note de M. C. Gaudefroy, présentée par M. F. Wallerant.

Si l'on dispose entre nicols croisés un biseau cristallin éclairé en lumière blanche, de manière que le faisceau incident soit normal à la face d'entrée, on observe, en mettant au point sur la face d'émergence, une échelle chromatique qui, en général, est voisine de celle de Newton; mais le but de cette Note est de montrer qu'il n'en est pas toujours ainsi.

Pour comparer les teintes de deux échelles différentes, chaque point situé sur la face d'émergence d'un biseau peut être défini par sa distance à l'arête, calculée en prenant l'ordre pour unité, c'est-à-dire la distance de deux franges sombres consécutives, observées sur le biseau, lorsqu'on l'éclaire en lumière monochromatique de longueur d'onde λ_j, celle du jaune moyen, par exemple.

Les teintes observées sur diverses échelles en des points d'abscisses égales diffèrent surtout par le degré de vivacité.

La comparaison des échelles réelles avec celle de Newton conduit aux remarques suivantes :

1° L'extension totale des échelles chromatiques, c'est-à-dire le nombre d'ordres couverts par les teintes depuis l'arête jusqu'au blanc d'ordre supérieur, est variable. Certaines échelles sont *restreintes*, ou plus courtes que celle de Newton (anatase), d'autres sont *surétendues* [muscovite, biseau p (001)].

2° La région des teintes vives, qui va, comme on sait, de l'orangé du premier ordre au vert du troisième, dans l'échelle de Newton, commence et se termine plus près de l'arête dans les échelles restreintes, plus loin de l'arête dans les surétendues.

3° Les échelles les plus étendues montrent, aux premiers ordres, des franges alternativement blanches et sombres, *quasi achromatiques*, et, aux derniers ordres distincts, des franges de teintes complémentaires : le carbonate d'argent ammoniacal [1] [biseau h^1 (100) ou g^1 (010)] montre plus de 35 ordres distincts en lumière blanche.

4° En appelant *directe* la suite des couleurs du spectre lorsque la longueur d'onde croît, la plupart des échelles chromatiques présentent, comme celle de Newton, la suite *directe*, mais il existe des échelles qui présentent la suite *inverse* [sel de Seignette ammoniacal, biseau p (001); idocrase]. Assimiler une teinte de suite inverse à une teinte analogue de l'échelle de Newton conduirait à des erreurs sur le signe optique, puisque la suite des teintes dites montantes dans l'échelle de Newton est descendante dans l'autre.

Ces observations peuvent être prévues par une étude générale de la dispersion de biréfringence [2].

D'abord, si l'on admet que le blanc d'ordre supérieur apparaît sur différents biseaux en des points où un même nombre de radiations sont éteintes dans le faisceau émergent, on peut calculer l'extension relative ε d'une échelle, c'est-à-dire le rapport de son extension à celle de l'échelle de Newton à l'aide de l'équation suivante :

$$\varepsilon = \frac{1}{\lambda_j \, |\Phi'_j|}, \tag{1}$$

où λ_j est la moyenne géométrique entre les longueurs d'onde extrêmes,

---

(1) *Bulletin de la Soc. Franç. de Minéralogie*, janvier 1923.

(2) Le développement et la discussion en seront donnés dans un autre Recueil.

rouge et violette, $\lambda_j = \sqrt{\lambda_R \lambda_V}$, et où

$$\Phi' = \frac{n'_1 - n'_2}{n_1 - n_2} - \frac{1}{\lambda}, \tag{2}$$

$n_1 - n_2$ étant la biréfringence et $n'_1 - n'_2$ sa dérivée. Φ'_j est la valeur particulière que prend Φ' au voisinage de la longueur d'onde λ_j.

Cette expression ε de l'extension n'est qu'approximative. De plus, elle n'est légitime que lorsque Φ' ne passe pas par les valeurs zéro ou infini.

Par cette formule, on trouve, pour le quartz : $\varepsilon = 0,90$; pour la calcite : $\varepsilon = 0,83$.

La discussion de l'équation (1) permet de rendre compte des observations signalées en deuxième lieu, si l'on admet que les teintes sont vives lorsqu'elles réalisent les deux conditions suivantes : d'abord l'analyse de ces teintes au spectroscope doit montrer une seule cannelure brillante ou sombre; puis, les radiations les plus intenses doivent former une bande aussi étroite que possible.

On peut montrer en particulier que la première teinte du premier ordre qui, dans l'échelle de Newton, est violet bleuâtre très sombre devient plus vive dans les échelles restreintes (vérifié dans le dithionate de strontium); et insensible dans les échelles surétendues (brucite).

Lorsque Φ' passe par la valeur zéro pour une longueur d'onde du spectre visible, on montre que l'échelle doit être quasi achromatique, avec d'autant plus de netteté que cette longueur d'onde est plus voisine de λ_j.

Le signe de Φ' s'interprète ainsi : $\Phi' < 0$ correspond aux échelles directes et $\Phi' > 0$ aux inverses.

En outre, on peut prévoir que si Φ' croît indéfiniment, l'extension ne décroît pas jusqu'à zéro, mais s'arrête à un minimum défini par le point où le retard est $\frac{\lambda_R}{2}$ pour les échelles directes, $\frac{\lambda_V}{2}$ pour les inverses. Dans le premier cas, le violet domine dans l'échelle, à l'exclusion du rouge; dans le deuxième cas, c'est le rouge qui domine, à l'exclusion du violet.

GÉOLOGIE. — *Recherches de Géologie sous-marine en Méditerranée (croisière du « Pourquoi-Pas? » 1923).* Note de MM. **Charcot** et **Louis Dangeard**, présentée par M. Émile Haug.

De multiples recherches de géologie sous-marine ont été entreprises à bord du *Pourquoi-Pas?* d'abord sur les bancs de Rockall et du Porcupine

et en Manche (1921, 1922, 1923), puis dans le bassin occidental de la Méditerranée (1923). Au retour de cette dernière campagne, il nous a paru utile de comparer les résultats obtenus dans deux mers différentes, sans vouloir faire d'ailleurs de généralisation excessive, et de signaler les principales difficultés inhérentes à la nature du fond qui ont été rencontrées en Méditerranée.

On a employé au cours de ces croisières la drague géologique décrite par l'un de nous dans une Note récente (1). Les dragages ont été faits avec les mêmes engins par le même personnel et dans des conditions comparables : assez loin des côtes pour éviter les amas littoraux de galets, de graviers, de sables et à une profondeur comprise géneralement entre 30^m et 60^m, c'est-à-dire dans les limites de la zone néritique.

Si l'on examine l'ensemble des opérations effectuées en 1922 et 1923 dans la Manche, on constate que, sur un total de 105 dragages, 70 environ ont permis de recueillir des blocs rocheux, une vingtaine ayant fourni des roches nettement *in situ*. Au contraire, sur 80 dragages effectués en Méditerranée, 5 seulement ont ramené des roches de taille appréciable.

La nature du fond est favorable en Manche aux études de géologie sous-marine, surtout en raison de la violence des courants, suffisants pour dégager, en beaucoup de points, la surface de la roche en place et entraîner les sédiments modernes au large.

Par contre, en Méditerranée, les courants sont souvent inexistants ou faibles : les apports détritiques fins (vases dominantes), les débris coquillers forment en général une couverture épaisse, dont l'édification lente se poursuit depuis longtemps sans être troublée ; de plus les formations encroûtantes d'Algues calcaires jouent un rôle considérable entre 25^m et 90^m de profondeur, formant un obstacle sérieux à la pénétration des sondes ou des dragues géologiques.

Une autre remarque s'impose : nous n'avons rencontré nulle part de blocs détachés analogues à ceux qui parsèment souvent le fond de la Manche et dont le transport semble dû à des glaces flottantes.

Cependant, fait très important, les roches affleurent d'une façon indubitable dans beaucoup de régions éloignées de la bordure côtière. Les sondes portées sur les cartes du Service hydrographique de la Marine en témoignent d'ailleurs, l'absence de sédimentation étant due soit à des ruptures

(1) J.-B. Charcot, *Sur l'étude géologique du fond de la Manche* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 892).

de pente, soit à l'existence de courants locaux. C'est ainsi que la drague s'est parfois accrochée à des têtes de roches sous-marines aux Baléares, au sud des côtes de Provence, sans pouvoir les briser (roches trop dures ou trop compactes).

Enfin d'heureux resultats ont été obtenus dans les parties peu profondes du bras de mer qui sépare la Tunisie de la Sicile, où l'importance des courants est manifeste et les affleurements rocheux sous-marins nombreux. On a pu déterminer la nature géologique du fond sur le banc des Esquerquis et aux Sorelle. Cette région pourrait donc être étudiée en détail.

Il n'est pas douteux que l'emploi systématique de dragues très robustes permettrait, en Méditerranée et dans des mers analogues, d'obtenir des résultats d'autant plus importants qu'ils seraient acquis à une plus grande distance du rivage et à une plus grande profondeur, à la limite du plateau continental par exemple, qui, à cause de sa déclivité, semble correspondre souvent à une zone d'affleurements rocheux.

D'ailleurs les sédiments recueillis, en outre des roches, peuvent avoir un intérêt géologique considérable. Il suffit de citer à cet égard les amas de coquilles fossiles signalés par le Professeur Pruvot et A. Robert au large du cap de Creus.

En résumé, si la méthode de dragage, qui donne de si bons résultats en Manche et dans l'Atlantique (banc du Porcupine et de Rockall), a été moins fructueuse en Méditerranée, nous n'en croyons pas moins à l'avenir de la géologie sous-marine, même dans cette mer, surtout en étudiant des appareils et des techniques différents ; les documents recueillis dans la région nord-tunisienne sont de nature à nous y encourager.

SISMOLOGIE. — *Principe d'une méthode de détermination précise de la propagation des ondes sismiques.* Note de M. **E. Rothé**, présentée par M. G. Ferrié.

Les problèmes de la sismologie moderne exigent la connaissance précise des heures d'arrivée des ondes aux diverses stations. Ces heures devraient être connues au $\frac{1}{10}$ de seconde près pour toutes les études au voisinage de l'épicentre, par exemple pour les questions relatives aux ondes préliminaires dans lesquelles on distingue à courtes distances deux sortes principales, les ondes P proprement dites et les ondes $\overline{P}$ soulignées. Il en est de

même de la recherche de la profondeur du foyer. La difficulté à laquelle se heurte la détermination précise de la vitesse de la propagation des ondes avait frappé G. Lippmann (¹) qui avait préconisé l'utilisation d'une ligne télégraphique avec des dispositifs de déclanchement, mettant en marche des chronomètres au $\frac{1}{5}$ de seconde et actionnant des dispositifs d'inscription à grande vitesse. On pourrait toutefois craindre les retards dus à l'inertie des différents relais. La question est aujourd'hui d'autant plus importante et actuelle que dans diverses nations, à l'exemple des sismologues italiens, des expériences sont organisées pour mesurer la propagation d'ondes provenant de fortes explosions.

La transmission par T. S. F. de signaux horaires rend plus facile la solution de ce problème : on pourrait imaginer par exemple que l'on inscrive en deux stations A et B les déviations de sismographes sensibles, à courtes périodes, munis de dispositifs d'enregistrement à grande vitesse de déroulement. Au moment de l'explosion, la Tour Eiffel émettrait des signaux rythmés qui seraient inscrits sur les sismogrammes, en utilisant par exemple le dispositif qui m'a servi récemment pour l'inscription des parasites atmosphériques (²). Les heures de passage des ondes aux deux stations seraient ainsi connues avec toute la précision désirable.

On pourrait également utiliser une méthode toute différente fondée sur l'émission d'ondes entretenues par les deux stations A et B où doit être noté le passage des ondes : aux stations A et B on installerait un sismographe dont l'équipage mobile serait solidaire de l'une des armatures d'un condensateur dont la seconde armature serait fixe. Ce condensateur fait partie d'un circuit oscillant de longueur d'onde λ, excité par des lampes à trois électrodes, en utilisant le montage d'hétérodyne en dérivation. C'est ce dispositif qui m'a servi au cours de la guerre pour établir sur la demande du général Ferrié un microphone particulièrement sensible, le condensateur-microphone. La self du circuit oscillant est couplée avec une bobine faisant partie du circuit d'une antenne d'émission accordée sur le circuit d'excitation. On obtient ainsi une émission continue d'ondes entretenues.

En une station C qui pourra d'ailleurs coïncider avec A ou B, on établit un poste récepteur sur antenne à grande amplification avec téléphone ins-

---

(¹) G. Lippmann, *Sur l'emploi d'un fil télégraphique pour l'inscription des tremblements de terre et la mesure de leur vitesse de propagation* (*Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 203).

(²) F. Rothé, *Sur l'emploi de la radiogonométrie dans l'étude des orages et des parasites atmosphériques* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 840).

cripteur. Des inscriptions sont faites sur papier au noir de fumée en face des encoches produites par un jaquet; au moment du passage de l'onde d'explosion le sismographe dévie, la capacité change et la longueur d'ondes est modifiée; l'intensité dans l'antenne d'émission primitivement accordée sur le circuit d'excitation varie, la membrane du téléphone récepteur est mise en mouvement et l'inscription se produit. Les mêmes phénomènes ont lieu au passage de l'onde en B. On aura donc ainsi, avec toute la précision désirable, sur un même graphique en C, une inscription du passage des ondes aux deux stations. C'est en somme le principe de la téléphonie sans fil par condensateur-microphone tel que je l'ai réalisé au cours de la guerre et qui m'a permis de téléphoner entre l'observatoire de Meudon et Villacoublay.

Toute inertie est ainsi supprimée, car il n'y a aucun intermédiaire mécanique en dehors de l'inscripteur lui-même qui sert d'appareil récepteur. On pourrait évidemment produire le changement des longueurs d'ondes amenant le désaccord des circuits en résonance à l'aide de variations de selfs au lieu de variations de capacités. La sensibilité du dispositif est grande et peut être variée à volonté.

Il est enfin utile de remarquer qu'au lieu d'employer des antennes on pourrait utiliser pour conduire les oscillations électriques de A et B en C des fils télégraphiques utilisant ainsi des communications par un seul fil comme je l'ai réalisé dans l'anémomètre à oscillations électriques (1).

Il semble que tout au moins à courtes distances une méthode de ce genre réaliserait le maximum de précision; elle présente l'inconvénient de nécessiter une installation de plusieurs postes avec des équipes de travailleurs dans chacun d'eux. Elle ne pourrait donc être mise en pratique que par un groupe de physiciens et non par un travailleur isolé.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *Les traces de coups de lance des statues d'argile préhistoriques de la grotte de Montespan, près Saint-Martory (Haute-Garonne), sont des « cupules », figurant des « Grande Ourse »*. Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Bigourdan.

Je n'ai pas vu les statues d'argile préhistoriques, représentant des animaux de la grotte de Montespan, près Saint-Martory (Haute-Garonne),

(1) E. Rothé, *Sur un anémomètre à oscillations électriques* (*Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1197).

récemment découvertes, et déjà signalées à l'Académie des Inscriptions. Mais j'ai eu sous les yeux deux belles photographies de deux de ces animaux, dont l'un est une *Ourse* sans tête, et dont l'autre est l'avant-train d'un *Tigre*, au moins en apparence.

Sur les positifs, les *traces* mentionnées de « *coups de lance* ou de *javelot* » sont très nettes, sur les profils à droite de ces deux grands animaux. Elles ressemblent à des trous ronds, faits de façon voulue dans l'argile, avec un instrument un peu pointu. En tout cas, elles sont semblables à de petites *cupules*, qu'on obtiendrait facilement par une légère ablation de substance plastique, à l'aide de ce procédé, à l'heure actuelle.

Mais chose curieuse, si l'on décalque ces cavités sur les deux photographies, réduites d'ailleurs presque à la même échelle, on obtient des schémas qui reproduisent, de la manière la plus évidente, la conformation de la constellation de la *Grande Ourse*.

Si l'on compare ces deux figures à celles que nous avons déjà observées sur des Oursins fossiles et sur des rochers (alors à l'état de vraies cupules) [1], on est frappé, non seulement de l'analogie de ces configurations, mais même de leur identité, en ce qui concerne *les sept étoiles* principales de ce groupe célèbre.

Qui plus est, sur l'Ourse *sans tête* [2], qui est couchée de profil *à droite*, et qui ne montre qu'*une patte antérieure*, celle de *droite* (comme sur les figurations des cartes célestes), on note la présence, outre ces sept étoiles [3], de plusieurs autres situées en avant des *Gardes*, sur le thorax. Ce sont les étoiles appelées ν, puis φ, θ, x, ces dernières correspondant d'ailleurs à la racine de la patte droite, sur laquelle elles se voient dans l'argile. Il y a en outre, au-dessus de *Alpha*, l'étoile n° 38 !

Ces constatations, véritablement étonnantes, nous obligent à conclure que cet animal d'argile n'est que la zoomorphisation classique (*zodiacale*, si l'on peut dire) de la *Grande Ourse !* Et cela démontre, de la façon la plus nette, que ces statues d'argile préhistoriques, ainsi que celles du Tuc d'Audubert (Bisons), etc., de même que les *gravures*, *sculptures*, et *peintures*

---

(1) Marcel Baudouin, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 635; t. 174, 1922, p. 537.

(2) *Sans tête*, sans doute parce qu'il n'y avait pas alors d'étoiles à grand éclat à ce niveau.

(3) On sait qu'en Astronomie l'Ourse, mytique et céleste, n'a que *trois pattes;* la patte antérieure gauche manque parce qu'il n'y a pas d'étoile importante et caractéristique, capable de la représenter dans l'ensemble de l'astérisme.

des cavernes, ne sont que des représentations des constellations *zoomorphisées* (comme je le soutiens depuis longtemps), et *divinisées*.

On retrouve une *Grande Ourse* aux sept étoiles classiques, sur l'avant-train d'un TIGRE, qui va aussi à droite ; mais là elles paraissent seules. Qui plus est, là, *Mizar* est de première grandeur, et il semble qu'il y ait au-dessus d'elle un petit *Alcor* (*g*). Sur l'OURSE, *Alcor* n'apparaît pas ; mais *Mizar* est encore assez grande. Les étoiles du corps sont toutes assez marquées : α, δ sur l'*Ourse* ; γ, β sur le *Tigre*.

J'avais cru d'abord qu'il s'agissait, vu l'Ourse et vu le Tigre, qui est un *Carnassier*, comme le Λύποσ (Loup) ou le Κύνοσ (chien) des Phéniciens (d'où la *Cynosure*), de la « PETITE OURSE ». Mais la queue *pendante* n'a rien de celle de cette constellation, puisque cette queue, au demeurant, est *relevée* sur toutes les figures célestes !

Donc, c'est sans doute là l'origine de la GRANDE OURSE des cartes astronomiques actuelles, par conséquent, et non pas de la *Petite Ourse*.

On a trouvé un crâne d'*Ourson* (au naturel), à côté de l'Ourse. Je pense que ce débris osseux figure le petit de la Grande Ourse céleste et mythique, qui était du *sexe féminin* [1], si l'on en juge d'après certaines figures préhistoriques et modernes, et tout le folklore.

En conséquence, quoiqu'on ait écrit que « ces *coups de javelot* témoignent que les Préhistoriques procédaient à des scènes de sorcellerie et d'envoûtement pour conjurer le sort des chasses futures », je crois qu'on est autorisé à conclure, des remarques précédentes, qu'ils ne sont que des *Cupules*, voulues, creusées à dessein dans l'argile, pour représenter la constellation principale du Pôle, qui a joué jadis un si grand rôle dans les cultes païens ; et que les statues ne sont que des reproductions, mythiques, en ronde bosse ou en sculpture vraie, de l'animal céleste, ayant servi à la zoormophiser.

Cette interprétation justifie toutes mes affirmations antérieures sur la signification réelle des gravures et peintures des cavernes.

C'est en somme vraiment là une inscription *bilingue*, comme celles qui ont permis de déchiffrer le sens des écritures hiéroglyphiques et cunéiformes. Je la recherchais depuis 30 ans.

Cette statue de l'*Ourse* céleste prouve que le déchiffrage des *inscriptions cupulaires* est aujourd'hui un fait acquis, et que l'astérozoomorphisation des étoiles remonte au moins au Paléolithique moyen.

---

[1] Dans cette grotte on a trouvé aussi trois juments à gros ventre, c'est-à-dire probablement *grosses*, et une petite tête de cheval (*poulain*), comparable au crâne d'Ourson.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la production d'anticorps par les tubercules des Ophrydées.* Note de M. **P. Nobécourt**, présentée par M. Guignard.

Par des recherches que sa mort prématurée a laissé inachevées et qui ont été publiées dans une Note posthume ([1]), Noël Bernard a montré que les tubercules des Ophrydées présentent, vis-à-vis des champignons endophytes des Orchidées (*Orcheomyces* de Burgeff), des propriétés remarquables. Pour les mettre en évidence, il plaçait au fond d'un tube contenant de la gélose au salep solidifiée en plan incliné, un fragment aseptique de tubercule d'Ophrydée (*Loroglossum hircinum*, en général) et ensemençait, à la partie supérieure de la gélose, un champignon endophyte d'Orchidée. Celui-ci se développait d'abord normalement à la surface de la gélose, mais, lorsqu'il venait à s'approcher du fragment de bulbe, on constatait un arrêt subit de la croissance à une certaine distance de ce dernier. De cette constatation, Noël Bernard tirait la conclusion que le champignon est arrêté par une substance nuisible diffusée dans la gélose par le fragment de tubercule. L'existence de cette substance (qu'il qualifie de fungicide) dans les tubercules, explique le fait que ceux-ci sont indemnes d'infestation par les *Orcheomyces*, qui infestent au contraire si largement les racines des Ophrydées.

Nous avons effectué des expériences analogues à celles de Noël Bernard, qui, à notre connaissance, n'avaient jamais été répétées, et nous avons pu vérifier leur exactitude. Nous utilisons de gros morceaux de tubercules de *Loroglossum* (*Himantoglossum*) *hircinum*, découpés aseptiquement, et, comme champignons, soit l'*Orcheomyces psychodis* Burgeff, soit l'*Orch. chloranthæ* Burgeff. Le champignon ensemencé poussait d'abord très bien à la surface de la gélose. Pendant ce temps, le fragment de tubercule laissait exsuder une sécrétion d'aspect mucilagineux et la gélose environnante prenait peu à peu une teinte brunâtre. Mais, au bout de quelques jours, les filaments mycéliens cessaient de s'allonger dans la direction du fragment de tubercule et il en résultait l'existence autour de celui-ci d'une zone, de 5^{mm} environ de largeur, demeurant non envahie, tandis que dans toutes les autres directions, ainsi qu'à la surface du verre du tube, le mycélium continuait à s'étendre.

([1]) *Sur la fonction fungicide des bulbes d'Ophrydées* (*Ann. Sc. Nat., Bot.*, 9e série, t. 14, 1911).

Nous sommes entièrement d'accord avec Noël Bernard pour reconnaître que ces expériences démontrent la diffusion par les tubercules, dans la gélose environnante, d'une substance fungicide. Mais nous avons été amené à nous demander si, ainsi qu'il l'admet implicitement, cette substance préexiste dans les bulbes, ou si ce ne serait pas plutôt un produit de réaction prenant naissance dans ceux-ci, sous l'influence des toxines sécrétées par le champignon ensemencé sur la gélose et venues jusqu'à eux par diffusion.

Noël Bernard, ayant chauffé à 55° pendant 35 minutes des morceaux de tubercules de *Loroglossum*, avait constaté qu'après avoir subi ce chauffage, ils ne possédaient pas la propriété d'arrêter le développement des *Orcheomyces*. Il interprétait ce résultat négatif en admettant que la substance fungicide est détruite par la chaleur.

Ayant répété cette expérience, nous avons constaté qu'en effet, les tubercules chauffés sont rapidement envahis par les champignons utilisés, mais cette perte de la résistance peut aussi bien s'interpréter en admettant que les cellules des tubercules étant tuées par la chaleur, deviennent ainsi incapables de sécréter la substance fungicide, si l'on adopte l'idée que celle-ci est un produit de réaction.

Partant de cette hypothèse, nous avons essayé l'action de morceaux de tubercules, tués non plus par la chaleur, mais, d'une part, par un froid de — 15° environ et, d'autre part, par le séjour dans des vapeurs de chloroforme.

Dans les deux cas, l'*O. psychodis* et l'*O. chloranthæ* ne furent nullement arrêtés au voisinage de ces fragments, qu'ils recouvrirent très rapidement d'un épais feutrage mycélien. Ces tubercules gelés ou chloroformés se comportaient absolument comme les tubercules chauffés.

Pour continuer à admettre la préexistence de la substance fungicide dans les tubercules d'Ophrydées, il faudrait donc admettre que cette substance est détruite, non seulement par la chaleur, mais aussi par l'action du froid et du chloroforme. Or, s'il semble possible d'attribuer au chloroforme une action chimique destructrice sur la substance fungicide, il est peu vraisemblable que le froid ait pu produire le même effet. Si, de fait, on connaît en chimie biologique nombre de substances « thermolabiles », nous ne pensons pas qu'on en ait signalé jusqu'ici de « cryolabiles ». Le froid est, au contraire, généralement considéré comme un agent conservateur. En outre, dans le cas particulier qui nous occupe, il serait remarquable de voir la même substance à la fois thermolabile et cryolabile.

Mais cette propriété d'être détruite également bien, soit par le froid

intense, soit par la chaleur, soit par des agents chimiques, appartient précisément aux êtres vivants, et les cellules des tubercules des Ophrydées sont visiblement tuées par l'action suffisamment prolongée des températures de 55° et — 15°, ainsi que par le séjour dans les vapeurs chloroformiques.

Il semble donc logique de conclure que si les tubercules des Ophrydées, chauffés, gelés ou chloroformés, ne sont pas capables d'arrêter la croissance des *Orcheomyces*, c'est que ces tubercules, qui ont été tués par les agents chimique, ou physiques employés, ne sont plus susceptibles de réagir contre l'attaque de ces Champignons par la sécrétion subséquente de substance fungicide. A notre avis, ce n'est pas parce que cette substance fungicide est détruite, que le Champignon n'est pas arrêté, mais parce qu'elle ne peut être produite au moment de l'attaque, par suite de la mort des cellules du tubercule. Cette substance, prenant naissance dans des tubercules vivants sous l'influence de toxines sécrétées par certains Champignons, mérite donc à proprement parler le nom d'anticorps.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Application du procédé biochimique de caractérisation du galactose à l'étude de la composition des pectines*. Note de M. **Jean Charpentier**, présentée par M. L. Guignard.

Nous avons exposé récemment, en collaboration avec M. Marc Bridel ([1]), comment on pouvait caractériser d'une façon certaine le galactose dans un mélange de galactose et d'arabinose par un procédé biochimique. Nous avons montré que ce procédé était applicable à la caractérisation du galactose dans les produits d'hydrolyse de la gomme arabique, qui renferment, comme on sait : galactose et arabinose.

J'ai appliqué ce procédé à la recherche du galactose dans les produits d'hydrolyse de quelques pectines. Il était, en effet, intéressant de savoir si ces produits d'hydrolyse renfermaient du galactose, car jusqu'ici la preuve de la présence de ce sucre n'avait été donnée que par la formation d'acide mucique sous l'action oxydante de l'acide azotique sur les pectines. En 1917, Ehrlich ([2]) a montré qu'il existait de l'acide *d*-galacturonique dans les produits d'hydrolyse des pectines. Cet acide *d*-galacturonique, fournissant de l'acide mucique dans les mêmes conditions que le galactose,

---

([1]) M. Bridel et J. Charpentier, *Sur la caractérisation biochimique du galactose dans un mélange : galactose et arabinose* (*Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 908).

([2]) *Chemiker-Zeitung*, 1917. D'après une analyse du Dr G. Trier, *Zur Kenntnis der Pektinstoffe* (*Schw. Apoth. Ztg.*, t. 55, 1917, p. 369).

il subsistait un doute quant à la présence de ce sucre dans les produits d'hydrolyse des pectines.

Le procédé biochimique permettant d'obtenir à l'état cristallisé un dérivé caractéristique du galactose : l'éthylgalactoside β, il était tout indiqué de l'employer à l'étude de la composition des pectines.

Mes recherches ont porté sur quatre pectines : celles de racines de gentiane, de pétales de roses de Provins, d'écorce d'orange amère et de tubercules de céleri-rave.

Ces pectines ont été hydrolysées à l'acide sulfurique à 3 pour 100 à 108°-110°. La solution, neutralisée au carbonate de calcium, a été évaporée à sec, sous pression réduite, et le résidu a été dissous dans l'alcool éthylique à 70°. J'ai fait agir l'émulsine sur chacune de ces solutions, et j'ai obtenu les résultats suivants :

I. — *Solution des produits d'hydrolyse de la pectine de gentiane.*
(Volume 500$^{cm^3}$, contenant les produits d'hydrolyse de 62^g de pectine.)

	Sucre réducteur (en galactose).	Rotation.
Au départ	1^g,125 p. 100$^{cm^3}$	+1°26′
Après 8 jours	0,989 »	
Après 28 jours	0,827 »	
Après 57 jours	0,814 »	+ 52′

L'éthylgalactoside β a été obtenu à l'état cristallisé en suivant exactement le mode opératoire décrit au sujet de la gomme arabique. Il a été caractérisé par son point de fusion +159°, par son hydrolyse en milieu sulfurique et par l'obtention d'acide mucique en faisant agir l'acide nitrique sur le sucre réducteur formé au cours de cette hydrolyse.

II. — *Solution des produits d'hydrolyse de la pectine de roses.*
(Volume 400$^{cm^3}$, contenant les produits d'hydrolyse de 32^g de pectine.)

	Sucre réducteur (en galactose).	Rotation.
Au départ	1^g,916 p. 100$^{cm^3}$	+2°12′
Après 20 jours	1,575 »	
Après 43 jours	1,488	
Après 64 jours	1,334 »	+1°26′

L'éthylgalactoside β, obtenu à l'état cristallisé, possédait un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = -5°,89 \quad (p = 0,0526;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -4')$$

et un point de fusion de +159°-160°. Il donnait du galactose à l'hydrolyse sulfurique.

III. — *Solution des produits d'hydrolyse de la pectine d'écorce d'orange amère.*
(Volume 800$^{cm^3}$, contenant les produits d'hydrolyse de 150^g de pectine.)

	Sucre réducteur (en galactose).	Rotation.
Au départ	3^g,567 p. 100$^{cm^3}$	+ 5° 10′
Après 30 jours.........	3,031 »	
Après 45 jours.........	2,874 »	
Après 74 jours.........	2,773 »	
Après 91 jours.........	2,766 »	+ 3° 46′

L'éthylgalactoside β, obtenu à l'état cristallisé, présentait un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = -5°,33 \qquad (p = 0,1250;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -8'),$$

et un point de fusion de +159°-160°. A l'hydrolyse sulfurique il a fourni un sucre fortement dextrogyre qui, par oxydation au moyen de l'acide nitrique, a donné de l'acide mucique.

IV. — *Solution des produits d'hydrolyse de la pectine de céleri-rave.*
(Volume 600$^{cm^3}$, contenant les produits d'hydrolyse de 80^g de pectine.)

	Sucre réducteur (en galactose).	Rotation.
Au départ	1^g,856 p. 100$^{cm^3}$	+ 1° 44′
Après 8 jours	1,730 »	
Après 30 jours	1,231 »	
Après 58 jours	1,162 »	
Après 86 jours	1,104 »	+ 56′

L'éthylgalactoside β a été obtenu à l'état cristallisé, et caractérisé par son pouvoir rotatoire

$$\alpha_D = -4°,9 \qquad (p = 0,1684;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -10'),$$

par son point de fusion +159°-160°, et par le sucre formé par l'hydrolyse sulfurique, qui a donné de l'acide mucique sous l'action de l'acide nitrique.

Ainsi, en appliquant le procédé biochimique de caractérisation du galactose aux produits d'hydrolyse de quatre pectines, j'ai réussi à caractériser le galactose dans ces produits et à extraire à l'état cristallisé un dérivé spécifique du galactose, l'éthylgalactoside β.

On a donc ainsi maintenant la preuve certaine de la présence du galactose dans ces produits d'hydrolyse, et, partant, d'une galactane dans les pectines elles-mêmes, présence qui n'avait pu être démontrée jusqu'ici.

AGRONOMIE. — *Sur les circonstances qui peuvent modifier l'effet de la « période critique » sur le rendement du blé.* Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

La notion d'une période critique des plantes vis-à-vis de l'eau, c'est-à-dire d'une période pendant laquelle ses besoins atteignent un maximum et qui régit dans une large mesure le rendement, se conçoit aisément. Son époque, sa durée, varieront avec les plantes et aussi avec l'organe considéré : fruits, tubercules, etc. Pour le blé, Azzi a déterminé, surtout par des expériences en pots, dans des conditions dont il était parfaitement maître, que cette période comporte les trois décades qui précèdent l'épiage et celle qui l'accompagne. La teneur en eau augmente, en effet, dans les feuilles tout le temps de cette période jusqu'à la floraison. A partir de ce moment il y a migration vers l'épi des produits de la photosynthèse, ils se condensent en molécules plus grosses. Il en résulte une diminution de la force osmotique interne et, par suite, des besoins en eau de la plante. Enfin, il se produit une déshydratation et une précipitation en produits amylacés ou albuminoïdes colloïdaux constituant les réserves du grain. Pendant tout ce temps les feuilles jaunissent et se dessèchent.

Par des comparaisons statistiques portant sur 20 années, nous avons établi [1] la réalité d'un rapport existant entre la quantité d'eau précipitée durant la période critique et le rendement; ce rapport est direct jusqu'à un certain optimum et inverse au delà. Nous avons constaté cependant quelques anomalies et le cas de l'année 1923 est assez particulier. Ayant pu en suivre de près les circonstances il nous est possible d'analyser le résultat.

La notion de « période critique » telle que nous venons de l'exposer, et telle qu'a pu la définir Azzi par des expériences, est trop simple; il faut tenir compte encore de la nature des influences secondaires que peuvent exercer, dans certaines conditions, les périodes pré- et postcritique sur l'action de la période critique elle-même.

En 1923 [2], la hauteur d'eau tombée pendant la période critique est

---

(1) Beauverie, *Influence de la hauteur d'eau météorique pendant la « période critique » du blé sur le rendement* (*Comptes rendus*, 5 mars 1923).

(2) Ces données numériques s'appliquent au département du Puy-de-Dôme et particulièrement à la Limagne.

seulement de 46^{mm} à 57^{mm}; mai ne reçoit que 31^{mm},2 au lieu de 70^{mm}, chiffre de la moyenne et, en même temps, chiffre des meilleurs rendements (70^{mm}, 100^{mm} à 120^{mm} pour l'ensemble de la période critique). Le rendement de 1923 a été cependant de 15^{qx} à l'hectare. Des circonstances particulières sont venues atténuer l'effet d'un apparent manque d'eau dans la période où elle est le plus nécessaire : Pendant l'automne, la terre enmagasine une anormale quantité d'eau (octobre : 167^{mm} contre 58^{mm} de moyenne); le mois d'avril, constituant d'une façon immédiate la période précritique, reçoit 76^{mm} contre 50^{mm} de moyenne. Cette énorme quantité d'eau va rester à la disposition de la plante pendant la période critique. Une chaleur anormale les premiers jours de mai (maxima 25° à 31°) la mobilise de bonne heure pour la plante de sorte que la période critique commence, en réalité, avant la date ordinaire; de plus, la température reste, par la suite, fort au-dessous de la normale; le sol et la plante ne perdent que peu de l'eau acquise, les pluies sont peu abondantes mais fréquentes, et, en somme, les quatre décades de la période critique sont « humides » (plus de 5^{mm} d'eau); la quatrième reçoit même des pluies assez abondantes (25^{mm},5) en plein épiage en même temps que la température se relève légèrement [1]. Grâce à l'ensemble de ces conditions le sol, surtout s'il est argilo-calcaire, comme il arrive souvent dans les terres à blé d'alluvion, retient l'eau qui restera disponible au moment favorable.

En 1921, nous avions eu une anomalie de sens inverse : trop d'eau pendant la période critique (161^{mm}) mais une période postcritique d'absolue sécheresse amenant correction.

Cette question appelle donc des recherches expérimentales. La notion d'une période critique pour les besoins en eau de la plante conditionnant le rendement est bien réelle, mais elle doit être complétée par l'étude des modifications que les périodes pré- et postcritique exercent sur son action vis-à-vis de la plante dans certains cas particuliers.

---

[1] Ces conditions sont, par ailleurs, en relation avec une épidémie de rouille jaune (*Puccinia glumarum*) d'une intensité et d'une durée extraordinaires, que nous étudions dans une autre Communication.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur l'influence de l'hexaméthylènetétramine et de l'aldéhyde formique sur le haricot.* Note de MM. E. et G. Nicolas, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons montré récemment [1] que l'hexaméthylènetétramine et l'aldéhyde formique, ajoutés à faible dose au milieu de Knop, étaient des aliments pour le haricot, variété souvenir de Dreuil. Nous voudrions exposer ici les résultats fournis par une autre variété de la même espèce, le haricot suisse blanc ou haricot lingot, cultivée sur la solution suivante, non neutralisée, additionnée des substances en question :

Eau	1000g
Azotate de potasse	0,8
Phosphate monopotassique	0,25
Chlorure de calcium desséché	0,75
Sulfate de magnésie	0,25
Sulfate de fer	0,10
Sulfate de manganèse	0,10

Les chiffres du tableau indiquent les dimensions des organes én centimètres.

Des résultats de même ordre nous ont été fournis par une culture sur solution minérale neutralisée par la potasse. Il n'est pas sans intérêt de noter, cependant, que, dans ce cas, en présence du formol, les cotylédons tombent le 22 avril, alors que, dans l'expérience précédente, ils ne sont tombés que le 9 mai; il semblerait que la neutralisation de la solution minérale a eu pour effet de réduire la durée de la période pendant laquelle s'exerce la toxicité de l'aldéhyde formique, dont il existe encore des traces dans le liquide à la fin de l'essai.

Bien que nous n'ayons pu mesurer le poids des plantes et étudier leur anatomie, par suite de la dessiccation de certaines d'entre elles, nos expériences nous ont donné ce résultat intéressant, qu'elles confirment le fait, déjà établi, par nous, de l'influence qu'exercent les substances étudiées sur le *développement des feuilles en surface.*

---

[1] E. et G. Nicolas, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 836-838, 1437-1439, et t. 176, 1923, p. 404-406; *C. R. Soc. Biologie*, t. 187, 1922, p. 1315-1318.

1923. (19 mars-2 juin).	Témoin.	T + 0,1 hexa.	T + 0,2 hexa.	T + 0,3 hexa.	T + 0,3 ald. form.
			Racines.		
12 avril......	principale : 2,5 ; radicelles nombreuses, blanches, les plus grandes : 15-20.	principale : 20 ; radicelles brunâtres : 15-18.	principale : 17 ; radicelles brunâtres : 15.	principale : 15 ; radicelles brunâtres : 14.	principale : 2 radicelles : 1.
2 juin.......	principale : 30.	principale : 28.	principale : 26.	principale : 22.	principale : 10.
			Tigelle.		
4 avril.......	cotylédons tombés.	cotylédons tombés.	cotylédons tombés.	cotylédons tombés.	cotyléd. non étalés.
23 avril.......	13,2	11	12	11	id. ; 3,1.
9 mai.......	13,2	11	12	11	cotyl. tombés ; 9,5.
			Tige.		
12 avril.......	6,8	5	4,4	4,7	nulle
15 mai........	9	6,8	6,2	6,3	8,5
2 juin.......	se dessèche.	7	6,4	6,5	12
			Feuilles.		
12 avril.......	feuilles primordiales : 3,2 × 3,4.	feuilles primordiales : 3,2 × 3,4.	feuilles primordiales : 3,2 × 3,4.	feuilles primordiales : 3,1 × 3,3.	feuilles primordiales encore incluses dans les cotyléd.
3 mai........	feuilles primordiales : 3,8 × 3,8 et toute petite feuille.	feuilles primordiales : 3,7 × 4 et toute petite feuille.	feuilles primordiales : 5 × 4,6 et 4,9 × 4,8 et toute pet. feuille.	feuilles primordiales : 4,8 × 4,3 et 4,6 × 4,1 et toute pet. feuille.	gemmule sort.
15 mai........	feuilles primordiales tombées ; toute petite feuille trifoliolée.	feuilles primordiales se dessèchent ; pet. feuille à foliole terminale : 0,7 × 1.	feuilles primordiales encore vertes ; deux feuilles trifoliolées à foliole terminale : 1,5 × 2.	feuilles primordiales encore vertes ; deux feuilles trifoliolées à foliole terminale : 1 × 1,2.	feuilles primordiales vertes 3×3 et 3×2,6 et toute pet. feuille trifoliolée.
2 juin.......	feuilles desséchées ; tombées.	feuilles primordiales tombées ; feuille trifoliolée à foliole terminale : 0,9 × 1.	feuilles primordiales se dessèchent ; deux feuilles trifoliolées vertes à folioles terminales : 2,1 × 2,6.	feuilles primordiales se dessèchent ; deux feuilles trifoliolées vertes à foliole terminale : 3 × 1,3.	feuilles primordiales vertes 4,6 × 3,9 et 4,4 × 3,5 ; deux feuilles trifoliolées vertes, dont l'une à foliole terminale : 1,3 × 1,5, l'autre toute petite.

Nous ajouterons que l'hexaméthylènetétramine et le méthanal sont réellement absorbés et utilisés et ne se comportent pas simplement comme des hormones. Bouilhac [1] a déjà démontré le fait, en ce qui concerne l'aldéhyde formique, sur la moutarde blanche. D'autre part Jacoby [2] et Sabalitschka [3], dans des expériences récentes effectuées sur le *Tropæolum majus* et l'*Elodea canadensis*, ont eux aussi apporté des résultats nets (augmentation du poids sec, de la quantité des sucres et de l'amidon) dans le sens de l'assimilation de CH^2O.

En outre l'hexaméthylènetétramine est absorbée en nature, c'est-à-dire sans avoir subi de dédoublement préalable en ammoniaque et aldéhyde formique; elle l'est exclusivement sous cette forme dans le milieu nutritif neutralisé ou légèrement alcalinisé pour lequel la réaction de Jorissen (phloroglucine et soude) est constamment négative. Il est possible que la teinte rouille observée autour des nervures sur les feuilles des individus cultivés en présence de l'hexaméthylènetétramine [4] soit due à ce fait; elle est du moins à rapprocher des phénomènes signalés par Ciamician et Ravenna [5] dans l'action des alcaloïdes naturels et artificiels, au sens le plus général du terme, c'est-à-dire de ceux qui dérivent de l'ammoniaque, sur les premières feuilles des plantules.

L'hexaméthylènetétramine, absorbée en nature, agirait d'abord à la façon d'un alcaloïde, puisqu'elle serait assimilée, conformément aux observations que nous avons faites antérieurement [6].

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Intervention de la pesanteur dans le phototropisme.* Note de M. **H. Ricôme**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons décrit les changements périodiques qne l'alternance du jour et de la nuit introduit dans la croissance d'une tige éclairée latéralement. L'orientation prise par la tige ne coïncide pas avec la direction moyenne d'incidence de la lumière. Pour établir l'intervention de la pesanteur, il fallait vérifier que le fait n'est pas une conséquence de l'alternance du jour

(1) Bouilhac et Guistiniani, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 1155-1157.
(2) Jacoby, *Biochem. Zeitschrift*, t. 128, 1922, p. 119-121.
(3) Sabalitschka, *Zeit. angew. Chemie*, t. 35, 1922, p. 684-686.
(4) E. et G. Nicolas, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 836.
(5) Ciamician et Ravenna, *Bull. Soc. Chimie biologique*, t. 5, 1923, p. 67.
(6) *Loc. cit.*

et de la nuit ou encore de la variation journalière de l'incidence de la lumière, et qu'il se produit également à un éclairement continu et de direction constante.

Aussi, avons-nous repris les expériences avec *Vicia Faba*, en exposant les plantes à l'éclairement d'une lampe électrique placée à $1^m,50$, à un niveau un peu inférieur au leur, de façon que les directions d'action des deux facteurs fissent un angle supérieur à 90°.

Dans ces conditions, les tiges prennent en quelques heures, par incurvation, une direction inclinée dont elles s'écartent peu par la suite. Le résultat est le même qu'il s'agisse de plantules de germination ou de plantes vertes déjà développées.

Cette direction n'est ni la direction de la lumière (— 8°), ni la direction que leur donnerait la pesanteur agissant seule (+ 90°). Elle est intermédiaire.

Elle varie avec l'intensité lumineuse. Avec une lampe Osram monowatt de mille bougies à effet lumineux accru par un réflecteur concave, l'angle moyen d'orientation des tiges a été de + 28°, soit 36° à partir du rayon incident. Avec une lampe Visseaux demi-watt de mille bougies, employée sans réflecteur, l'angle est de + 44°, soit 52° à partir du rayon incident.

La direction des diverses tiges, loin d'être uniforme, varie dans de notables proportions : de 80° à 45° (écart 35°) dans le premier cas ; de 64° à 24° (écart 40°) dans le second.

Au bout de quelques jours se produit, sous l'action du poids à soutenir qui va croissant, un fléchissement des régions à élongation terminée, phénomène d'ordre purement mécanique qui donne l'illusion d'un effet du phototropisme.

De nombreux dessins publiés sur le phototropisme du *Vicia Faba* montrent la plante orientée dans le sens de la flèche qui figure la direction de la lumière incidente, comme si l'action de la pesanteur était annihilée. Or rien n'est moins exact. En réalité l'orientation ne se confond ni avec l'une, ni avec l'autre des directions d'action des deux facteurs, lumière et pesanteur. Elle est intermédiaire et varie d'une part avec l'âge, d'autre part avec l'intensité lumineuse. Elle subit des variations périodiques, si cette dernière intensité varie périodiquement ; elle se maintient constante, s'il ne survient pas de changement de conditions.

L'équilibre de croissance s'établit de façon qu'il subsiste une inégalité d'éclairement entre les faces opposées de l'organe et une inégalité d'action de la pesanteur, équilibre de compensation entre l'influence opposée des

deux facteurs sur la répartition de l'eau entre les cellules et entre leurs membranes. La pesanteur restant constante, la direction des tiges est d'autant plus voisine de celle de la lumière que l'intensité lumineuse est plus grande.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les conditions physiologiques du zootropisme chez les moustiques*. Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Certains auteurs tendent à interpréter la notion des races trophiques des Culicides, dont j'ai indiqué la genèse et le conditionnement biologique, dans un sens trop simpliste et absolu. J. Legendre (1) parle de « zoophilisme » et d'androphilisme (2), chez les moustiques, comme d'habitudes catégoriques, conçues comme le résultat de « mutations alimentaires », et sans se rendre compte du rattachement obligatoire de ces manifestations trophiques aux conditions biologiques générales auxquelles sont soumis les moustiques. Les tropismes qui guident le choix des moustiques dans leurs préférences alimentaires sont, en réalité, de même que les réflexes normaux du réveil et du vol spontané, des manifestations d'une délicatesse extrême, et, pour en raisonner sans de grandes causes d'erreur, on ne saurait être trop averti des circonstances physiologiques multiples susceptibles d'influer sur leur déterminisme.

Il faut tout d'abord insister sur le fait que les préférences d'ordre trophique manifestées par les moustiques sont le reflet d'un équilibre permanent entre les appétits et les ressources alimentaires de la faune culicidienne envisagée. Les préférences à l'égard de certains hôtes ne peuvent se développer et se maintenir que lorsque l'élection des hôtes préférés peut s'exercer librement : toutes les causes qui rendent *impérieux* les besoins de sang des femelles, diminuent l'obéissance aux tropismes préférentiels. Il en résulte que l'observation des habitudes alimentaires normales d'une faune de moustiques donnée ne doit se faire qu'en se rapprochant autant que possible des conditions naturelles. La captivité dénature rapidement les manifestations de préférence, en exagérant ou diminuant les besoins de sang habituels, soit par le jeûne, soit par la privation d'eau : l'équilibre

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 790.

(2) Expression impropre, dans le sens que lui attribue Legendre. Il vaudrait mieux dire « anthropophilisme » ou « philanthropisme ». Grassi emploie le terme de « misanthropisme » pour exprimer l'indifférence des Anophèles à l'égard de l'homme.

alimentaire normal étant détruit, les moustiques ne réagissent plus à l'égard des hôtes selon leur mode habituel.

Expérience. — J'ai recueilli en Vendée, au mois d'août, des femelles d'*Anopheles maculipennis, non fraîchement repues de sang*, dans une étable à porcs sans occupants. Après leur capture, ces moustiques ont été remis en liberté dans une pièce habitée, close. A ce moment, aucun n'a manifesté de tendances à venir à l'homme spontanément : l'indifférence à l'égard de ce dernier a conservé le caractère exprimé par les conditions naturelles, pour une faune zoophile. Cependant la plupart de ces moustiques n'avaient pas pris de sang et quelques-uns, en tubes, au contact du doigt cherchaient à piquer.

Des femelles de la même faune, par contre, conservées au préalable en captivité pendant plusieurs jours, avec de l'eau en abondance mais sans nourriture sanguine, puis mises en liberté dans la pièce occupée, ont attaqué l'homme *immédiatement* avec une insistance extrême, même en plein jour, négligeant complètement un lapin placé sur une table, en évidence.

L'exagération des besoins de sang, chez des moustiques soustraits à leurs conditions normales, annihile donc immédiatement l'obéissance à l'égard des tropismes préférentiels. Ceux-ci ne peuvent exercer leur influence directrice normale que sur des moustiques largement nourris de sang à l'ordinaire et n'ayant point de besoins azotés excessifs. L'attaque de l'homme apparaît le plus souvent comme le résultat de l'insuffisance d'alimentation par d'autres hôtes. Il en résulte que l'introduction, dans le but prophylactique envisagé par J. Legendre ([1]), de races zoophiles, en une région où les moustiques viennent à l'homme, ne pourra donner par elle-même que des résultats contraires au but poursuivi : Pour faire utilement usage de ce mode de prophylaxie, comme je l'ai indiqué déjà depuis deux ans ([2]), il convient, en même temps, de favoriser le maintien du zootropisme par des mesures propres à faciliter la vie exclusive des moustiques aux dépens des animaux (réduction de la faune culicidienne, augmentation du bétail, etc.).

Si l'exagération des besoins azotés contrarie l'obéissance aux tropismes d'élection, la surcharge en azote, en annihilant les besoins de sang, la dénature également. Sans parler de la période d'asthénobiose cyclique au cours de laquelle, pendant des mois, les femelles de *Culex pipiens* ne cherchent

---

([1]) *Loc. cit.*, p. 792.

([2]) *Bull. Soc. Pathol. exot.*, t. 14, n° 9, p. 595.

pas à piquer (1), les femelles de Culex et d'Anophèles, à l'éclosion, sont dans un état de surcharge excrétrice qui entrave l'alimentation sanguine souvent pendant plusieurs jours. Pour des *Culex pipiens* nés en fin mai, j'ai noté un délai de 23 *à* 35 *jours* avant la première acceptation du sang. Les essais de J. Legendre, tendant à déterminer le manque d'affinités pour l'homme de Culex et d'Anophèles, en partant de moustiques fraîchement éclos, ne sauraient donc être pris en considération. On ne peut apprécier les manisfestations du zoophilisme que sur des moustiques en condition physiologique réelle d'hémophagie.

Enfin, j'ajouterai que la privation d'eau, telle qu'elle résulte des conditions de captivité durable dans une pièce close, serait également par elle-même de nature à modifier complètement l'appréciation du zootropisme ou des affinités pour l'homme : la recherche de l'eau prime celle du sang dans la nutrition des moustiques, même en condition d'hémophagie.

EMBRYOGÉNIE. — *Polyspermie dite physiologique et polyspermie expérimentale des œufs utérins de* Rana fusca. Note (2) de M. **H. Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Si l'on essaye de féconder sans addition d'autre liquide des œufs utérins normaux de *Rana fusca* avec le contenu des vésicules séminales ou avec la bouillie testiculaire du mâle, on obtient des résultats parfois contradictoires. Dans tous les cas avec la purée testiculaire, il ne se produit pas de segmentation régulière en 2 et par conséquent aucune embryogenèse. Un très grand nombre d'œufs se plissent, se ratatinent, indices d'une polyspermie très intense vérifiée par l'étude cytologique. Les fécondations faites avec le contenu des vésicules séminales, telles quelles ou additionnées de sérum ou de liquide de la cavité générale de Grenouille rousse, fournissent tantôt des segmentations régulières suivies d'embryogenèse normale, tantôt une polyfécondation plus ou moins intense aboutissant à un développement abortif précoce. Quelles peuvent être les causes de résultats si différents?

Dans une Note antérieure (3), j'ai signalé l'action de quelques sels alcalins et alcalino-terreux sur les spermatozoïdes de *Rana fusca*. Le rapprochement de ces

(1) E. Roubaud, *Les désharmonies de la fonction rénale et leurs conséquences biologiques chez les moustiques* (*Ann. Inst. Pasteur*, juillet 1923).

(2) Séance du 12 novembre 1923.

(3) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 654.

deux séries de recherches peut jeter quelque lumière sur ces cas de polyspermie dite physiologique, terme couramment employé, tout en signalant les réserves et les critiques faites par E. Bataillon. A l'examen microscopique, la bouillie testiculaire pure montre des spermatozoïdes excessivement peu ou pas mobiles; les éléments sexuels des vésicules séminales sont plus ou moins mobiles suivant la quantité d'urine qui les baigne et vraisemblablement suivant la concentration saline de ce liquide. Les spermatozoïdes de la bouillie testiculaire ou des vésicules séminales mis dans le sérum de Grenouille ou dans une solution aqueuse de NaCl à 5 ou à 7 pour 1000 sont immobiles. Mais si l'on remplace le sérum par le liquide de la cavité générale ou des sacs lymphatiques, liquide très abondant à l'époque de la reproduction, la mobilité des spermatozoïdes est plus grande et les résultats bien meilleurs des fécondations se manifestent par de plus nombreuses segmentations régulières. Dans tous les cas, ces différents spermes (purs, au sérum, au sel) dilués suffisamment à l'eau ordinaire, même 3 heures plus tard, renferment des éléments bien mobiles donnant dans les fécondations des segmentations régulières suivies d'embryogenèse normale.

De ces expériences on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Il n'y a ni imprégnation, ni fécondation lorsque les spermatozoïdes, bien que vivants, sont complètement immobiles. L'immobilité est due à la concentration trop élevée du milieu (sérum ou sels) dans lequel ils baignent. La fécondation normale, suivie d'un développement régulier, s'effectue avec des spermatozoïdes bien mobiles immergés dans un milieu à très faible concentration saline. Une polyspermie plus ou moins intense est réalisée lorsque les éléments sexuels mâles manifestent peu de vitalité. C'est une question de concentration de milieu ou d'âge qui influe sur la mobilité.

2° L'œuf utérin normal de Grenouille, comme tout élément vivant, muscle, nerf, etc., réagit d'autant plus vite et énergiquement que l'excitation produite par le spermatozoïde ou par toute autre cause physique, chimique ou mécanique est plus intense. La contraction épurative, suivie de l'élimination du fluide vitellin, est d'autant plus rapide que l'excitation est plus violente. On conçoit donc que l'œuf normal, réagissant faiblement à l'excitation peu intense d'un spermatozoïde peu mobile ou affaibli, élimine très lentement le liquide vitellin, laissant ainsi le passage libre à d'autres éléments sexuels mâles. La prétendue toxicité du fluide périvitellin, inhibant tout mouvement des spermatozoïdes, ne serait-elle pas due à la concentration saline de ce fluide?

3° Dans la fécondation normale, comme dans la polyspermie, qu'elle soit dite physiologique ou expérimentale, deux éléments essentiels interviennent : l'œuf et le spermatozoïde; ce dernier est trop souvent négligé. Aussi les recherches sur la polyspermie peuvent être groupées en trois grandes catégories :

I. Le sperme normal est mis au contact d'œufs normaux surchargés de réserves ou d'œufs soumis aux différents agents physico-chimiques ou mécaniques. Ces traitements inhibent plus ou moins la réaction de l'œuf. Les imprégnations avec du sperme normal, d'œufs immatures ou surmatures rentrent dans cette catégorie de recherches.

II. L'œuf normal est en présence d'éléments sexuels mâles, soumis auparavant aux différents traitements physico-chimiques qui agissent en inhibant plus ou moins la vitalité des spermatozoïdes, l'intégrité de l'œuf étant respectée. Les imprégnations d'œufs normaux avec les spermes immatures ou surmatures rentrent dans ce cas.

III. Les spermatozoïdes immatures ou surmatures sont mis au contact d'œufs immatures ou surmatures. Ces expériences sont fréquemment réalisées involontairement au commencement ou à la fin de la saison. Des résultats analogues sont obtenus en opérant sur des œufs et des spermes traités auparavant et les autres par les agents physiques, chimiques ou mécaniques.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la prétendue existence d'une onde excitatrice qui se propagerait dans le myocarde.* Note de M. **J. Athanasiu**, présentée par M. Ch. Richet.

L'activité alternée des oreillettes et des ventricules nécessite l'existence d'un excitant qui agisse alternativement sur chacun de ces territoires, auriculaire et ventriculaire du cœur. Les opinions des physiologistes, en ce qui concerne la nature de cet excitant, sont partagées entre deux théories : la théorie *neurogéniste* qui attribue aux centres nerveux intrinsèques du cœur le réglage du rythme et de l'alternance des fonctions auriculaires et ventriculaires, et la théorie *myogéniste* qui attribue au tissu musculaire du cœur la propriété de se contracter rythmiquement sous l'influence d'une onde d'excitation unique, qui, partant du nodule sino-auriculaire, parcourrait les oreillettes et passerait dans les ventricules par le faisceau auriculo-ventriculaire. Des expériences en vue de mesurer la vitesse de propagation de cette onde ont été faites particulièrement par Lewis [1]. Cette vitesse serait, d'après cet auteur, de 2000^{mm} par seconde dans les oreillettes, de 400^{mm}-500^{mm} par seconde dans les ventricules et de 5000^{mm} par seconde dans le réseau de Purkinje (sous-endocardique).

Nos expériences sur l'électrocardiogramme direct nous ont conduit à

---

[1] Th. Lewis, *The mecanisme and graphic Registration of the heart Beat.* London, 1 vol. de 452 p.; 1920.

rechercher si cette prétendue onde d'excitation existait réellement dans le myocarde. Dans ce but, nous avons inscrit simultanément, d'une part, les courants d'action de la base et de la pointe du ventricule gauche au moyen de deux galvanomètres à corde et, d'autre part, la contraction du myocarde tant à la base qu'à la pointe, au moyen de deux myographes spéciaux.

A. *Électrocardiogrammes simultanés directs de la base et de la pointe du ventricule gauche.* — Deux paires d'électrodes en fil d'or de $0^{mm},4$ de diamètre sont piquées dans la masse du myocarde, l'une à la base et l'autre à la pointe, sur un même méridien du ventricule gauche, chacune des électrodes étant éloignée de 1^{cm} environ de celle qui constitue l'autre pôle du même circuit. Elles sont toutes isolées à l'extérieur par des tubes en caoutchouc et fixées à la paroi thoracique. Des fils conducteurs de même longueur et résistance relient chaque paire à son galvanomètre spécial. Les cordes en verre argenté des deux galvanomètres ont, autant que possible, même tension et même résistance.

On voit (*fig.* 1) les électrocardiogrammes simultanés de la base (E.C.B.) et de la pointe (E.C.P.) obtenus de cette manière. Ils montrent d'une façon très nette que la base et la pointe du ventricule gauche entrent en activité au même instant (*a* et *a'*), mais que la pointe termine avant la base, si l'on juge d'après l'inflexion S' de sa courbe qui précède de un centième de seconde environ l'inflexion correspondante S de la courbe de la base. La conclusion qui se dégage de ces électrocardiogrammes est donc que la contraction du myocarde ventriculaire gauche débute simultanément dans toute la masse, ceci est un fait constant, et que la décontraction de la pointe précède celle de la base, ceci n'étant pas une règle absolue.

B. *Myocardiogrammes simultanés de la base et de la pointe du ventricule gauche.* — Notre myocardiographe, construit par M. Kelsen, se compose d'un tube métallique de $2^{mm},5$ de diamètre qui porte à l'une de ses extrémités une pointe articulée qui sert de trocart pour pénétrer dans la cavité ventriculaire, pointe que l'on fait basculer ensuite dans l'intérieur du ventricule, au moyen d'une mince tige que l'on pousse dans la lumière du tube. Ce trocart prend alors l'aspect d'un T dont la branche transversale vient en contact avec la paroi intérieure du ventricule; il ne peut donc plus sortir. Une rondelle métallique extérieure, que l'on peut serrer au moyen d'un écrou, maintient en contact avec la paroi du ventricule deux tubes en caoutchouc, fermés à un bout et réunis à l'autre par un tube métallique en Y. Ces caoutchoucs servent d'explorateurs et transmettent à un tambour de Marey, disposé pour l'inscription optique, les changements de pression qu'ils subissent par la contraction du myocarde. L'écrou permet de régler convenablement le serrage de l'explorateur élastique contre la paroi externe du ventricule.

On voit (*fig.* 2) deux myocardiogrammes simultanés de la base (M.C.B.) et de la pointe (M.C.P.) obtenus au moyen de deux myocardiographes séparés. Les indications fournies par ces tracés confirment celles des

électrocardiogrammes directs mentionnés plus haut, à savoir : que la base et la pointe entrent simultanément en activité (a et a'), mais que la durée de cette activité est plus longue pour la base que pour la pointe (b et b'). On ne peut douter que le ventricule droit et les oreillettes ne suivent la même règle.

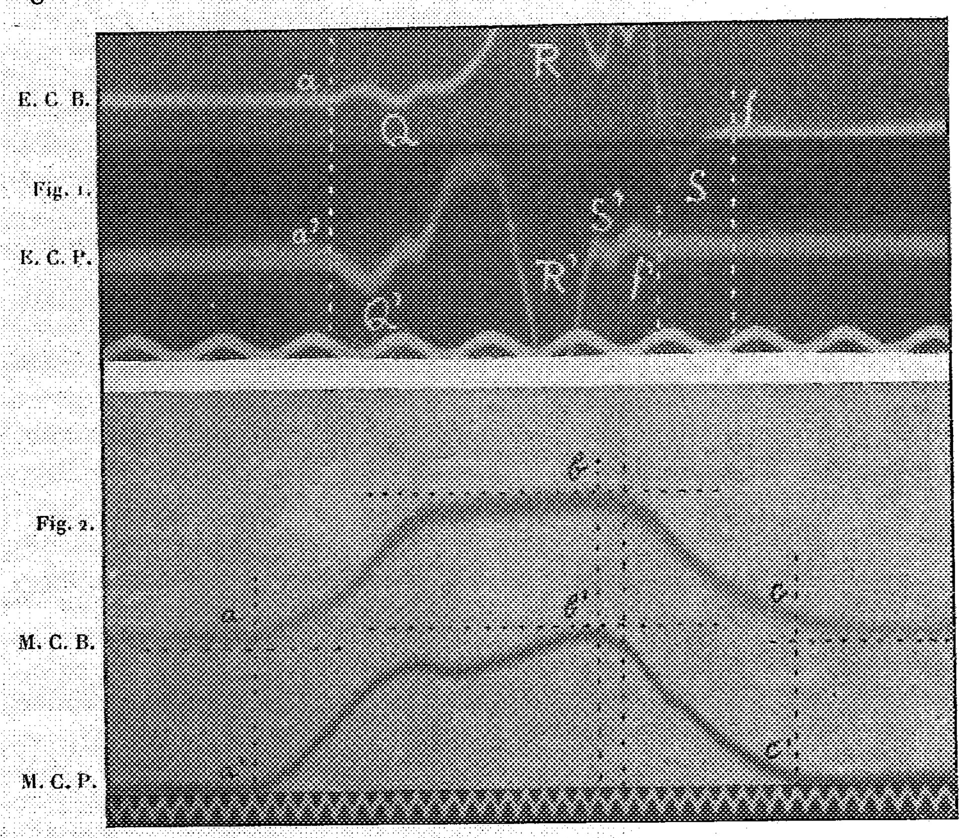


Fig. 1. — Électrocardiogrammes directs et simultanes de la base (E. C. B.) et de la pointe (E. C. P.) du ventricule gauche du chien. Les points a et a' indiquent le commencement du complexus Q. R. S. de l'électrocardiogramme et les points f et f' indiquent la fin.

Fig. 2. — Myocardiogrammes simultanés de la base (M. C. B.) et de la pointe (M. C. P.) du ventricule gauche du chien. Les points a et a' indiquent le commencement de la contraction du myocarde; b et b' indiquent la fin de cette contraction, et c et c' indiquent la fin de la phase de relâchement du myocarde. Temps en centièmes de seconde.

De ces faits, nous pouvons conclure que la contraction du myocarde dans chacun des deux segments du cœur auriculaire et ventriculaire commence au même instant dans toute la masse du segment considéré, les deux phénomènes se succédant dans l'ordre physiologique et que ce synchronisme fonctionnel ne peut être que le résultat de l'activité du système nerveux intrinsèque du cœur.

PHYSIOLOGIE. — *L'orientation et le sens visuel de la durée.* Note de M. NICATI, présentée par M. Charles Richet.

La faculté d'orientation reconnue aux Oiseaux planeurs et migrateurs, aux Pigeons éloignés du nid, comme aux Abeilles écartées de la ruche, expliquée tantôt par un sens propre et tantôt (comme a fait récemment Rochon-Duvigneau) par une organisation supérieure de l'appareil visuel, comporte une explication plus simple liée au vol de ces animaux.

L'acuité visuelle des insectes (est fonction du nombre restreint des différenciations rétiniennes correspondant à leurs facettes cornéennes) est obtuse au point que l'apiculteur avisé opère dans la ruche sans voile protecteur, s'il sait agir lentement; mais toute brusquerie de sa part met la ruche en émoi, indiquant une extrême sensibilité aux mouvements de la lumière. L'acuité visuelle humaine elle-même, très aiguisée au centre maculaire de la rétine, est obtuse dans tout le reste de son étendue, alors que les mouvements de la lumière l'impressionnent partout également. C'est donc, semble-t-il bien, que le déplacement relatif (parallactique) des images doit contribuer singulièrement à la vision. D'où les conclusions suivantes :

1° Le déplacement relatif des images rétiniennes, et non l'acuité visuelle proprement dite, guide l'insecte dans son vol. Il explique le voleter de la Mouche et les innombrables girations de la Libellule.

2° Les Oiseaux l'utilisent. Ainsi voit-on le Vautour planer circulairement jusqu'à ce qu'une subite chute vertigineuse le précipite du haut du ciel sur la petite Souris qui trottinait tout à l'heure dans la prairie. La Mouette se balance sous le vent, interrompue seulement pour piquer droit en se laissant tomber sur le ver à fleur de vague. L'habileté enfin du Pigeon-Messager à regagner son nid doit lui être attribuée : ses girations préliminaires, alors qu'il s'est élevé d'abord haut dans les airs, suffisent à l'instruire sur la configuration des terres, à lui donner mieux qu'une lunette d'approche les indices topographiques qui le ramènent au nid. Les Aviateurs, de même, s'orientent en tournoyant avant de prendre leur direction. Et telle paraît être, en somme, attribuable aux seules girations du vol, la cause qui en permet la spéciale orientation.

3° Enfin, si l'homme simplement à terre est habile à diriger ses pas dans la foule sans fixer du regard personnages et véhicules mouvants en sens divers, c'est au déplacement relatif des lumières, par conséquent à la même cause qui permet l'orientation par le vol qu'il le doit, c'est-à-dire à l'utili-

sation d'un sens visuel de la durée (étant communément entendu qu'on appelle de ce nom les relativités de temps qui caractérisent les variétés du mouvement).

BIOLOGIE. — *Transformation expérimentale du sexe par ovariotomie précoce chez la Poule domestique*. Note ([1]) de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. Widal.

Quelques auteurs (Pézard, Goodale, Zawadowsky) ont observé, chez les Poules ovariotomisées, un développement plus ou moins considérable de la crête et parfois l'apparition de l'instinct sexuel et du chant du Coq. Goodale ([2]) pense que ces caractères mâles « dépendants » sont conditionnés par deux organes pairs qui se développeraient aux dépens des corps de Wolff. Zawadowsky ([3]) a observé du côté droit l'apparition d'un organe qui résulterait du développement de l'ovaire droit et sécréterait une hormone mâle. Mais il n'a pas étudié cet organe au point de vue histologique. Il dit qu'extérieurement il ressemble plutôt à un testicule, mais que « par sa nature il se rapproche de la glande gauche, c'est-à-dire de l'ovaire ».

J'ai moi-même pratiqué l'ovariotomie chez la Poule en m'efforçant d'opérer très précocement.

Une poulette Leghorn blanc fut castrée à l'âge de 26 jours. Elle présenta à partir du quatrième mois un développement inaccoutumé de la crête et des barbillons : ces organes devinrent rouges et la crête se dressa bientôt, turgescente, comme chez le mâle normal. A 6 mois, cette crête était longue de 77^{mm}. Celle d'une Poule sœur du même âge mesurait seulement $29^{mm},5$. La Poule ovariotomisée ressemblait déjà par son maintien à un Coq, mais aucun instinct sexuel ne s'était encore manifesté.

Je pratiquai une laparotomie exploratrice. Le côté gauche ne présentait plus trace d'ovaire. Mais je découvris au niveau du « rudiment de l'ovaire droit » un organe anormal que j'enlevai. Son ablation détermina une régression rapide des organes érectiles : au bout de quelques jours, ils étaient déjà très pâles; deux semaines après l'opération, la crête avait diminué de 21^{mm}.

([1]) Séance du 5 novembre 1923.

([2]) Goodale, *Further developments in ovariotomized fowls* (*Biol. Bull.*, 1916, p. 286).

([3]) Zawadowsky, *Das Geschlecht un die Entwickelung der Geschlechtsmerkmal* (Moscou, 1922).

L'organe enlevé mesure 21^{mm} et pèse 0^{kg},455. Il possède une structure testiculaire très nette et contient des canaux séminifères, volumineux pour la plupart, *qui présentent tous les types cellulaires du testicule adulte, parfois même des spermatozoïdes.*

Une autre poulette Leghorn doré, castrée à gauche à l'âge de 4 jours, présenta à partir de 3 mois un développement de la crête analogue à celui du premier animal. A 5 mois cette crête mesurait 24×44^{mm}, et les barbillons 18^{mm}. Une Poule de la même couvée, bien que plus développée, avait alors une crête de 17×29^{mm} seulement et des barbillons de 8^{mm}. J'ouvris du côté droit la Poule ovariotomisée et constatai la présence d'un organe blanc nacré, semblable à un testicule, mais plus allongé; il mesurait 4×20^{mm} environ. Je prélevai un fragment de cet organe. L'examen histologique révéla également une structure testiculaire, mais les cordons sexuels étaient moins développés que dans le cas précédent.

Donc, dans ces 2 cas, l'ovariotomie a déterminé le développement d'une glande génitale à structure mâle, au niveau du « rudiment de l'ovaire droit » et, corrélativement, les premiers caractères sexuels qui sont l'attribut du sexe mâle (organes érectiles) se sont développés.

Une étude approfondie des Oiseaux hermaphrodites connus dans la littérature nous aidera à interpréter ces résultats : Sur 21 cas bien étudiés d'Oiseaux hermaphrodites [1], 11 sujets possédaient un ovotestis à gauche et rien à droite, et 10 un ovaire ou un ovotestis à gauche et un testicule à droite.

Dans 19 cas sur 21 l'ovaire était fortement dégénéré ou arrêté dans son développement.

Dans 6 cas sur 21, le ou les testicules contenaient des spermies. Dans tous les autres cas on note ou bien un testicule peu développé, mais bien caractérisé, ou bien une tumeur intra- ou extra-ovarienne, comportant des cordons ou des tubes cellulaires auxquels les auteurs ont le plus souvent reconnu un caractère mâle. On constate, en outre :

1° Que ces hermaphrodites sont tous des femelles dont l'ovaire ou bien s'est arrêté dans son développement, ou bien a régressé à partir d'un certain moment, et jamais des mâles ayant développé des cellules sexuelles femelles.

2° Que ces femelles ont présenté le plus souvent une régression du

---

[1] Ces 21 cas ont été publiés par les auteurs suivants : Bond, Brandt, Hartmann, et Hamilton, Pearl et Boring, Pearl et Curtiss, Poll, Schattock et Seligmann, Tichomiroff, Weber.

parenchyme ovarien et un développement du parenchyme testiculaire. *Ces hermaphrodites sont donc des femelles ayant évolué dans le sens mâle.*

3° *Qu'il n'existe dans aucun des cas étudiés de tissu ovarien à droite.*

L'étude histogénétique des glandes génitales chez les Oiseaux nous permet de comprendre le développement d'une glande testiculaire chez les Poules ovariotomisées et chez les hermaphrodites. L'épithélium germinatif de la gonade embryonnaire donne chez le mâle une seule poussée, celle des cordons sexuels. Chez la femelle une première poussée homologue des cordons sexuels mâles se produit aussi, mais elle s'arrête dans son développement. Il se forme ensuite une deuxième poussée qui donnera les ovocytes. Or chez la Poule la gonade droite ne fournit que la première poussée qui, de même que celle du côté gauche, régresse peu à peu (Firket) [1]. L'épithélium germinatif n'esquisse même pas une deuxième prolifération, il s'aplatit et prend l'aspect indifférent de l'épithélium péritonéal.

Ces faits nous montrent que l'ébauche génitale droite de la Poule peut être considérée comme une ébauche sexuelle de signification mâle, puisque la deuxième poussée de signification femelle ne s'est pas produite. On comprend dès lors que cette ébauche potentiellement mâle puisse donner naissance à un testicule, plus ou moins évolué, lorsqu'elle viendra à se développer. Dans mes expériences, une glande testiculaire s'est formée à droite, sans doute parce que la castration précoce a suspendu l'action inhibitrice que l'ovaire exerce vraisemblablement sur les rudiments de signification mâle. Il semble que l'on puisse expliquer les cas d'hermaphrodisme de la même manière : l'annihilation ou l'insuffisance fonctionnelle de l'ovaire, survenant très tôt dans le développement, permettrait aux cordons sexuels de première prolifération de manifester leurs potentialités aussi bien du côté gauche que du côté droit, avant que leur régression soit trop avancée.

Des potentialités mâles, contenues dans les cordons sexuels de la première poussée, existeraient donc normalement chez la femelle, qui serait par conséquent un hermaphrodite « potentiel ». Mais elles seraient inhibées par le facteur sexuel femelle, qui se comporterait comme « dominant » vis-à-vis du facteur mâle. Les faits de génétique et d'hybridologie plaident en faveur de cette conception. On admet en effet que le Coq est homozygote (monosexuel) et la Poule hétérozygote (bisexuelle).

L'avenir nous apprendra si les expérimentations faites dans les condi-

---

[1] Firket, *Recherches sur l'organogenèse des glandes génitales chez les Oiseaux* (*Archives de Biologie*, 1919-1920).

tions ci-dessus mentionnées donnent un résultat constant et si elles représentent un moyen de conférer à volonté aux Poules tous les attributs du sexe mâle.

TOXICOLOGIE. — *Action toxique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre.* Note (1) de MM. **J. Chevalier** et **E. Dantony**, présentée par M. J. Breton.

Les résultats pratiques obtenus pendant cette campagne avec les préparations de pyrèthre utilisées comme insecticide, soit en viticulture, soit en arboriculture, soit dans les cultures maraîchères et florales, ont pleinement confirmé les observations antérieures et l'extension de leur emploi n'est limité que par leur prix de revient actuellement trop élevé.

L'extension progressive de la culture du pyrèthre en France, sous l'impulsion donnée par le professeur Perrot, qui a fait reprendre par le Comité des plantes médicinales les essais de culture que nous avions entrepris en 1913 avec le professeur Heckel, amèneront la baisse du prix actuel de la fleur de pyrèthre; mais, dès à présent, l'utilisation rationnelle de la plante entière pour la fabrication de produits insecticides doit être envisagée et nous avons constaté (premiers essais en 1914) que les préparations de plante entière, coupées à la floraison, après récolte de la majorité des fleurs, étaient aussi actives que celles de fleurs, en employant pour leur préparation une dose 6 à 7 fois plus considérable de matière.

D'autre part, les rejets, après cette première coupe, qui sont récoltés au début d'octobre, peuvent fournir également des préparations encore plus riches en principes actifs et il suffit pour obtenir des préparations aussi actives que celles de fleurs d'employer 3 ou 4 fois plus de plante.

L'extraction des principes actifs des tiges et feuilles s'effectue avec les mêmes dissolvants et plus facilement qu'avec les fleurs qui renferment une plus grande proportion de cires, de résines, de matières colorantes et sucrées, qui gênent et prolongent l'extraction.

Contrairement à M. Juillet, nous estimons que le principal principe actif du pyrèthre est l'éther oléo-résineux, qui plus ou moins purifié a été dénommé *pyrétol* ou *pyréthrone* suivant les auteurs. L'*acide pyréthrotoxique* de Schlagdenhaufen et Reeb, libre naturellement ou mis en liberté, étant bien moins actif et toxique. Du reste, la fonction éther au point de vue physiologique

(1) Séance du 12 novembre 1923.

comme au point de vue chimique est une fonction dérivée et, comme l'a montré Brissemoret, elle agit sur l'intensité de l'action pharmacodynamique d'un composé organique en exagérant l'action élémentaire d'un de ses générateurs. Dans le cas présent, c'est l'action de l'acide qui est exaltée, non celle de l'alcool.

Reeb indique, dans son dernier travail, qu'une dose d'acide pyréthrotoxique correspondant à 2^g,50 de fleurs, soit environ 0^g,11, détermine chez la grenouille de la paralysie totale en 30 minutes et l'arrêt du cœur en diastole en 3 heures.

Ces mêmes phénomènes toxiques peuvent être obtenus avec l'éther oléo-résineux contenu dans 0^g,10 de poudre de fleurs, soit environ 0^g,0044, pour une grenouille de 40 à 50^g, soit une toxicité 25 fois plus considérable.

Une solution de cet éther dans la soude à 0,025 pour 100 suffit pour déterminer la saponification de ce corps, qui peut être constatée physiologiquement; une telle solution provoquant au moment de sa préparation, en injection intra-veineuse, chez le chien, des phénomènes cardio-vasculaires et des convulsions, conservée à l'abri de l'air et dans l'obscurité pendant un mois, ne détermine plus de convulsions, mais seulement des modifications circulatoires atténuées et sa toxicité chez les animaux à sang froid a également diminué dans des proportions analogues. Reeb obtient la saponification rapide avec une solution de potasse à 3 pour 100 à froid, et isole ainsi son acide.

Des essais corrélatifs de toxicité sur la cochylis ont été faits en même temps et sur les mêmes produits par E. Dantony, inspecteur adjoint du Service de Phytopathologie de la Station de Villefranche-sur-Saône, et nous avons pu constater que les cochylis étaient tuées en quelques minutes après pulvérisation d'une émulsion renfermant les principes actifs de 1^g,25 de fleurs par litre, soit environ 0^g,05 d'éther oléo-résineux.

Une préparation commerciale d'émulsion savonneuse, alcaline, datant de 1 an, faite avec les fleurs du même lot, ne tuait plus les cochylis à la concentration de 15^g de fleurs par litre.

Si les préparations commerciales actuelles de savon-pyrèthre sont encore actives et toxiques pour les cochylis et les autres insectes au bout de plusieurs mois, c'est qu'au moment de leur fabrication elles sont toujours hypertoxiques.

Il est donc nécessaire d'obtenir la stabilisation de l'activité des préparations de pyrèthre pour pouvoir diminuer leur teneur en fleurs et par suite leur prix de revient et permettre ainsi l'extension de leur emploi.

A $13^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *J. Violle* :

En première ligne	M. CHARLES FABRY
En seconde ligne	M. AIMÉ COTTON
En troisième ligne, ex æquo, par ordre alphabétique	MM. HENRI ABRAHAM PAUL LANGEVIN ANATOLE LEDUC GEORGES SAGNAC

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée 17 heures et demie.

ERRATA.

(Séance du 13 août 1923.)

Note de M. *A. Lacroix*, La signification des granites alcalins très riches en soude :

Page 421, ligne 24, *au lieu de* P^2O^5, *lire* B^2O^3.

(Séance du 15 octobre 1923.)

Note de M. *Fernand Wyss*, Variation dans la morphologie et l'acido-résistance du bacille tuberculeux humain sous l'influence d'une saponine :

Page 720, ligne 12, *au lieu de* saponite, *lire* saponine; ligne 24, *au lieu de* colorés, *lire* décolorés.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1923 (*suite et fin.*)

Comptes rendus de la première Assemblée générale de la Section de géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, par Georges Perrier. Toulouse, Edouard Privat, 1923; 1 vol. 24^{cm},5. (Présenté par M. Lallemand.)

Le gisement cuisien de Gan (Basses-Pyrénées), par G. O'Gorman. *Description des Mollusques*, par M. Cossmann. Pau, 1923; 1 vol. 28^{cm}. (Présenté par M. H. Douvillé.)

Bulletin de la Société scientifique de l'Isère. *Répertoire de la Bibliographie géologique du sud-est de la France* (*Alpes françaises et Provence*), par W. Kilian et O. Nicaud. Grenoble, Allier père et fils, 1923; 1 vol. 25^{cm}.

On the Life Atom Key to Nature, par Calvin Samuel Page. Chicago, Science publishing Company, s. d.; 1 vol. 21^{cm}.

Traité théorique et pratique des moteurs à gaz, à essence et à pétrole, par Aimé Witz. Paris, Albin Michel, 1923; 1 vol. 27^{cm}.

Recherches des causes de la tuberculose chez les cheminots dans la Section de Poprad; étude de médecine sociale, par Charles Amesling et Adalbert Mikenda. Praze, Nakladem Vlastnim, 1923; 1 fasc. 26^{cm}.

Compte rendu de la cérémonie d'inauguration à l'École nationale vétérinaire de Lyon du monument à S. Arloing et des bustes de L. Bredin, Ch.-J. Bredin, P. Lecoq, Ch. Cornevin, par F.-X. Lesbre. Toulouse, Vve Bonnet, 1923; 1 fasc. 22^{cm}.

Notions sommaires de géométrie projective à l'usage des candidats à l'École polytechnique, par Maurice d'Ocagne. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 fasc. 25^{cm}.

Cours complet de mathématiques spéciales, par J. Haag :

I. *Algèbre et Analyse*, cours et exercices, 1914; II. *Géométrie*, cours et exercices, 1921; III. *Mécanique*, cours et exercices, 1922; IV. *Géométrie descriptive et trigonométrie*, cours, 1923; exercices, 1924. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 8 vol. 25^{cm}.

Travaux et publications de l'Institut prophylactique, par Arthur Vernes :

I. *Les étapes de la syphilimétrie de* 1909 *à* 1922. Paris, Boll, 1922; II. *L'organisation de la syphilimétrie*. Paris, Maloine, 1923; 2 fasc. 26^{cm}.

N° 21

TABLE DES ARTICLES (Séance du 19 Novembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. G. Bigourdan. — Sur un projet de Biographie nationale française.......... 989

M. Lecornu. — Sur les accouplements élastiques.......... 992

MM. Charles Moureu, Charles Dufraisse et Philippe Landrieu. — A propos du principe d'une méthode générale pour déterminer la capacité calorifique des solides et des liquides. Application à la détermination de la valeur en eau des bombes calorimétriques.......... 996

M. Gabriel Bertrand. — Le transport du cuivre à l'état gazeux et le cuivre-carbonyle.......... 997

M. Paul Vuillemin. — Nouvelles preuves de l'origine dystrophique des scyphies... 999

M. S. Winogradsky. — Sur la méthode directe dans l'étude microbiologique du sol.......... 1001

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance.......... 1005

M. Aimé Bouchayer adresse un rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée sur la fondation Loutreuil en 1921.......... 1005

MM. René Baire, Alfred Barriol, Augustin Boutaric, Élie Cartan, Hippolyte Copaux, Fernand Delhaye, Gustave Eiffel, Émile Gau, Georges Giraud, H. Humbert, Armand Jeannodier, Georges Pruvot, L.-G. Seurat adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.......... 1005

Mme Vve Cusco adresse également des remercîments à l'Académie.......... 1005

M. F. Baticle. — Sur un mode de compensation du retrait dans les voûtes en béton. 1006

M. Mesnager. — Observations au sujet de la Note de M. Baticle.......... 1008

MM. E. Huguenard, A. Magnan et A. Planiol. — Recherche sur l'excédent de puissance des oiseaux en vol.......... 1009

M. Delanghe. — Méthode générale pour déterminer graphiquement les éléments du vol d'un avion.......... 1011

M. Bernard Lyot. — Étude des surfaces planétaires par la polarisation.......... 1015

M. J. Guillaume. — Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de 1923.......... 1018

M. J. de Schokalsky. — La longueur des rivières de la Russie d'Asie et sur le système de mesure des rivières sur les cartes en général.......... 1019

M. Maurice Curie. — Spectres d'étincelles dans les métalloïdes à l'état liquide..... 1021

M. E. Brylinski. — L'expérience de Michelson et la contraction de Lorentz.......... 1023

MM. Léon et Eugène Bloch. — Nouvelle extension des spectres d'étincelle de l'étain et du zinc dans la région de Schumann.. 1025

M. R. de Mallemann. — Biréfringence électrique du camphre et de la carvone... 1028

M. Edmond Bauer. — Sur le changement de longueur d'onde accompagnant la diffusion des rayons X.......... 1031

M. Jean Fallou. — Une méthode particulièrement simple permettant de déterminer expérimentalement la réactance de dispersion des alternateurs triphasés..... 1034

MM. Adrien Karl et S. Lombard. — Dosage du radium dans les titano-niobates naturels.......... 1036

M. Victor Henri. — Structure des molécules et spectres d'absorption des corps à l'état de vapeur.......... 1037

M. Chavastelon. — Sur la diffusion de la vapeur de soufre, dans l'air, à la température ordinaire.......... 1040

M. N.-D. Zelinsky. — De la métallisation des organismes.......... 1041

M. J. Froidevaux. — Sur le dosage de l'azote ammoniacal dans certaines matières azotées et particulièrement dans les matières protéiques et leurs produits de dédoublement.......... 1043

M. C. Gaudefroy. — Sur la dispersion de biréfringence dans les cristaux.......... 1046

MM. Charcot et Louis Dangeard. — Recherches de Géologie sous-marine en Méditerranée (croisière du « Pourquoi-Pas ? » 1923).......... 1048

M. E. Rothé. — Principe d'une méthode de détermination précise de la propagation des ondes sismiques.......... 1050

N° 21.

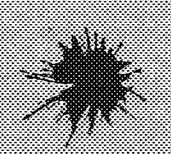
TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (*suite*)

	Pages.
M. Marcel Baudouin. — Les traces de coups de lance des statues d'argile préhistoriques de la grotte de Montespan, près Saint-Martory (Haute-Garonne), sont des « cupules » figurant des « Grande Ourse ».	1052
M. P. Nobécourt. — Sur la production d'anticorps par les tubercules des Ophrydées	1055
M. J. Beauverie. — Note sur les circonstances qui peuvent modifier l'effet de la « période critique » sur le rendement du blé	1060
M. E. [illegible] G. Nicolas. — Nouvelles observations sur l'influence de l'hexaméthylènetétramine et de l'aldéhyde formique sur le haricot	1062
M. H. Ricôme. — Intervention de la pesanteur dans le phototropisme	1064
M. E. Roubaud. — Sur les conditions physiologiques du zootropisme chez les moustiques	1066
M. H. Barthélemy. — Polyspermie dite physiologique et polyspermie expérimentale des œufs utérins de *Rana fusca*	1068
M. J. Athanasiu. — Sur la prétendue existence d'une onde excitatrice qui se propagerait dans le myocarde	1070
M. Nicati. — L'orientation et le sens visuel de la durée	1073
M. Jacques Benoit. — Transformation expérimentale du sexe par ovariotomie précoce chez la poule domestique	1074
MM. J. Chevalier et E. Dantony. — Action toxique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre	1077

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique présente une liste de candidats à la place vacante par le décès de M. *J. Violle* : 1° M. *Charles Fabry* ; 2° M. *Aimé Cotton* ; 3° MM. *Henri Abraham*, *Paul Langevin*, *Anatole Leduc*, *Georges Sagnac*	1079
Errata	1079
Bulletin bibliographique	1080



79755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie

Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 22 (26 Novembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ENTOMOLOGIE. — Ormiscosdes gregatus, *Saturnien dont les chenilles édifient en société des bourses complexes*. Note de M. **E.-L. Bouvier**.

Les chenilles de certains papillons hétérocères ont coutume de vivre en société dans une bourse commune qu'elles tissent de leur soie, qui leur sert d'abri quand elles sont au repos et parfois même constitue le gîte où elles filent leur cocon et se transforment en chrysalide. Ainsi font, dans nos pays, deux Liparidés très nuisibles aux arbres et arbustes, le Bombyx cul-brun (*Euproctis chrysorrhœa* L.) et le Bombyx zigzag (*Porthetria dispar* L.) et deux Euptérotidés, le Processionnaire du Pin (*Cnethocampa pityocampa* D. et S.) et le Processionnaire du Chêne (*C. processionea* L.); mais tandis que les chenilles de cette dernière espèce filent leurs cocons dans la bourse commune, celles des trois autres abandonnent le gîte social et se dispersent avant leur transformation. Parmi les espèces exotiques, deux formes d'Euptérotidés se comportent à la façon du Processionnaire du Chêne, mais construisent des nids plus vastes où, dans une bourre de soie qui forme enveloppe, se trouvent inclus de nombreux cocons; l'une de ces formes est représentée par les espèces du genre *Anaphe* qui sont toutes africaines, l'autre par les *Cœnostegia* ou *Hypsoides* dont M. Charles Oberthür vient de faire l'étude et qui sont propres à Madagascar.

Bien qu'assez souvent fileuses et capables de se faire un cocon soyeux, les chenilles des Saturniens passaient, jusqu'ici, pour incapables d'établir des bourses de l'une ou l'autre sorte; c'est tout au plus, si, parmi les formes étudiées, quelques-unes filent parfois au voisinage les unes des autres, ce qui

donne alors un petit groupe de cocons un peu soudés, comme on l'observe assez fréquemment par exemple, chez le *Cricula trifenestrata* Helf. des Indes orientales. Or les recherches et les élevages effectués au Venezuela, pour le Muséum, par M. Mayeul Grisol, montrent que certains Saturniens du genre *Ormiscodes* rivalisent avec les formes signalées plus haut quant à l'industrie sociale de leurs chenilles, et qu'elles les dépassent même sur ce point en finesse, comme on le verra un peu plus loin.

L'espèce recueillie et élevée par M. Grisol se rencontre aux environs de San Fernando d'Apure. La bourse ovoïde et pédonculée établie par ses chenilles atteint 15^{cm} à 20^{cm} de longueur; elle est gris clair, fixée par son pédoncule aplati à l'extrémité d'une ramille et protégée sur ses flancs par les feuilles rabattues qui se trouvent à cette extrémité ou au voisinage. Le tissu des parois et du pédoncule a l'épaisseur et la résistance du plus résistant parchemin; aux points où il est collé aux feuilles, il s'est moulé sur ces dernières, et sa surface est si unie et si fine qu'on peut y écrire comme sur les papiers de choix; entre les rameaux et les bords des feuilles, le tissu conserve sa consistance et sa finesse, mais au lieu d'être uni, il est quelque peu ridé à la surface. Le tissu peut aisément se séparer des feuilles, qui laissent à sa surface le moulage en creux très uni de sa forme et de ses nervures. On n'observe pas d'enveloppe semblable dans les bourses à cocons des *Anaphe* et des *Cœnostegia;* pour trouver un tissu de revêtement quelque peu analogue, il faut s'adresser à un Papillon diurne mexicain voisin de nos Piérides, l'*Eucheira socialis* dont les chenilles filent en commun une bourse résistante. Abstraction faite de cette enveloppe, le reste de la bourse rappelle beaucoup le travail des *Anaphe* et des *Cœnostegia* : une bourre de soie fine et serrée entoure la masse des cocons qui se relient étroitement les uns aux autres par des fils. La bourre de soie est rattachée lâchement à la face interne de l'enveloppe dont on la sépare très facilement; elle est d'un blanc légèrement jaunâtre, et cette teinte s'accentue dans les parois des cocons, parois faites d'un tissu résistant et serré, analogue au tissu de l'enveloppe, mais plus mince. Les cocons sont ovoïdes, longs de 26^{mm} environ, larges à peu près de 9^{mm}. A l'intérieur est une pupe ovoïde de Saturnien typique, brun marron foncé, sans autres ornements que les fourreaux des appendices, les sillons segmentaires, les stigmates et la fente anale qui occupe le bout postérieur arrondi; autour de celle-ci la surface est sensiblement rugueuse et chagrinée. Cette pupe mesure 18^{mm} de longueur. La bourse que j'ai sous les yeux doit renfermer 10 à 12 cocons; j'ignore s'il y en a de plus grandes. Celles des *Cœnostegia radama*, des *Anaphe* sont d'ordinaire beaucoup plus

grandes et plus populeuses. La sortie des adultes doit s'effectuer par les deux bouts, car en ces deux points, dans la bourse que j'ai sous les yeux, se trouve un large orifice.

De ces bourses, M. Grisol a obtenu d'éclosion deux mâles et une femelle. Ces papillons appartiennent au groupe de l'*Ormiscodes eumedide* Cram. où les ailes antérieures ont une raie basale très oblique et un peu arquée allant de l'attache de l'aile au bord postérieur qu'elle atteint, suivant les espèces, entre le tiers et le quart, une raie externe droite ou peu irrégulière, très éloignée du bord externe, une tache discale noirâtre étroite et située sur la nervure transverse; dans ce groupe les ornements des ailes postérieures sont peu apparents ou nuls, le thorax est couvert de longs poils fins qui varient du gris chamois au brun fumeux, le dos de l'abdomen est jaune orangé avec une bande transverse noire sur chaque segment, le ventre est gris jaunâtre, les flancs de l'abdomen présentent une tache claire au niveau des stigmates, les antennes sont gris noirâtre ou noires, assez largement pectinées chez les mâles, simplement dentées en scie chez les femelles.

Dans ce groupe, le papillon de M. Grisol occupe une place spéciale qu'il doit aux caractères particuliers des deux sexes, d'ailleurs très différents. Dans l'un et l'autre, toutefois, la raie basale atteint à peine ou dépasse peu le tiers proximal du bord postérieur de l'aile, la raie externe noire renferme très peu de blanc, le trait discal noir des ailes antérieures est presque droit et transversal, celui des ailes postérieures, plus vague, est au contraire extrêmement oblique, presque longitudinal, comme la partie postérieure de la nervure transverse qu'il recouvre; en dehors de cette tache, aux mêmes ailes, on observe une large bande submarginale vague, plus obscure que le fond, parallèle au bord externe; cette bande se retrouve plus nette dans toutes les ailes, sur la face inférieure, où elle forme la limite externe d'une bande plus claire. Dans les deux sexes également, les nervures de la face supérieure des ailes tranchent peu sur le fond, au contraire de ce que l'on observe dans les autres espèces du groupe; même à la face inférieure où elles tranchent davantage, elles sont beaucoup moins apparentes que dans ces dernières.

Les mâles mesurent 56^{mm} d'envergure; leurs ailes et le dos du thorax sont d'un gris chamois légèrement rosé, plus clair à la face inférieure; la face est jaune. La rayure basale des ailes antérieures est faiblement mais régulièrement arquée, noire dans sa moitié externe, blanche dans sa moitié interne, et coupée par un long trait orangé au-dessus de la nervure anale; la rayure externe est presque droite, très légèrement concave en dehors

dans sa partie postérieure, un peu plus en dedans à sa partie antérieure où elle se dilate en tache costale blanche; située trois fois plus près de la tache discale que du bord, elle est parallèle à la corde de ce bord qui est nettement convexe; les nervures qui la rencontrent forment sur elle un trait orangé, caractéristique du groupe. En dehors, contre la nervure, s'appuie une large bande submarginale foncée dont le bord externe présente des lobes et des échancrures, l'échancrure médiane, arrondie et peu profonde, reste fort éloignée de la rayure, elle est suivie en arrière par deux lobes convexes égaux et également saillants. Aux ailes postérieures, on distingue, en dehors de la faible raie discale, une bande convexe plus claire qui sépare vaguement deux bandes plus foncées, assez larges, mais sans limites précises; ces bandes sont à peu près parallèles au bord externe, la plus voisine de ce bord correspond à la submarginale antérieure. En dessous les taches discales sont peu apparentes, et nulles aux ailes postérieures.

La femelle est plus grande, avec une envergure de 72^{mm}; ses ailes sont fumeuses, à peine moins noirâtres en dessous; le dos du thorax est de même teinte, comme la face de la tête où une vague teinte jaunâtre apparaît seulement vers le bas ; les bords externes des deux ailes sont plus obliquement convexes que dans le mâle. La rayure basale des ailes antérieures est moins tranchée que dans celui-ci, irrégulière, et formant deux angles rentrants qui les rendent zigzagantes ; c'est à peine si l'on y voit les traces d'une ligne jaunâtre sur la nervure anale. La raie externe est parallèle au bord externe, plus voisine de ce bord que de la tache discale, beaucoup moins nette que chez le mâle, avec les faibles indications d'une tache jaunâtre à la rencontre des nervures. La raie discale noire sert de limite externe à une tache blanche subtriangulaire. La bande submarginale est indistincte, sauf tout à fait en avant; elle est très vague aux ailes postérieures dont elle est le seul ornement avec la petite raie discale noirâtre. En dessous il y a un léger nuage discal aux deux ailes, surtout aux antérieures.

Les chenilles envoyées par M. Grisol sont à peu près toutes de même taille et mesurent environ 44^{mm} de longueur; elles devaient être bien près de filer leur cocon, car je leur ai trouvé des glandes sérigènes volumineuses. Leur teinte devait être verdâtre; elles ont conservé quelque peu de cette teinte et l'alcool où elles furent mises au moment de la récolte est également d'un ton verdâtre; la plaque anale très peu chitinisée est de même teinte avec un semis de petites taches marron ; mais la tête est d'un

brun noir luisant, ornée sur la ligne médiane du vertex d'un étroit sillon clair qui se bifurque en avant pour émettre de chaque côté une ligne sinueuse de même couleur qui atteint presque la face postérieure de la tête. Les stigmates se reconnaissent simplement à la teinte marron de leur cadre. Les ornements en saillie sont du type qui caractérise les Saturniens de la famille des Hémileucides et très semblables notamment à ceux des *Automeris*; comme chez ces derniers, ils se composent de tubercules charnus spiniformes garnis d'abord de soies assez raides, puis plus près du sommet, de spinules marron à pointe noirâtre; comme dans ce dernier genre, il y en a quatre de chaque côté sur chaque segment, et les deux inférieurs sont plus petits et presque sans spinules; aux deux derniers segments, il n'y en a que trois de chaque côté, mais un tubercule impair occupe la ligne médiane dorsale. Les tubercules sont assez longs, surtout ceux qui occupent le troisième rang à partir de la base; les tubercules du quatrième rang sont plus courts et leurs épines sont plus fortes.

A cause des habitudes particulières de ses chenilles sociales, je propose pour cette espèce le nom d'*Ormiscodes gregatus*; il est probable que les autres espèces du même groupe présentent les mêmes habitudes et la même industrie. La chenille vit sur une plante appelée *mammon*, mais j'ignore actuellement le nom scientifique de cette plante.

MINÉRALOGIE. — *Sur les inclusions noires contenues dans les diamants du Cap.* Note de M. G. FRIEDEL.

La nature des inclusions noires (crapauds, specks) contenues dans beaucoup de diamants du Cap est restée jusqu'à présent assez mal connue. La plupart des auteurs les ont considérées, d'après leur aspect, comme des matières charbonneuses. Ch. Friedel [1] a constaté que certaines d'entre elles sont combustibles au simple feu du chalumeau. La présence du graphite a aussi été indiquée, mais ne paraît pas avoir été prouvée. E. Cohen [2] a cru reconnaître, dans un gros diamant de 80 carats, un cristal d'oligiste aplati suivant la base et portant les faces d'un rhomboèdre plat, arrondi et strié, ainsi que celles du prisme de seconde espèce. Partant de cette constatation, il a pensé retrouver l'apparence de l'oligiste dans beaucoup d'inclusions analogues, et conclut que la plupart des inclusions noires, sinon

(1) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. 41, 1884, p. 100.
(2) *N. Jahrb. f. Min. Geol und Pal.*, 1876, p. 752.

toutes, sont formées d'oligiste. Enfin, ayant fait tailler un cristal contenant une inclusion de ce genre, il pense y avoir reconnu « l'éclat et les propriétés physiques » de l'oligiste, mais ne dit pas quelles de ces propriétés ont été constatées. Aucun essai chimique n'a été fait.

Un échantillon de la collection de l'Université de Strasbourg me permet d'apporter à ce sujet une constatation nouvelle. C'est un petit octaèdre de $0^c,7$ qui contient au voisinage immédiat de l'un de ses sommets, un certain nombre d'inclusions noires, les unes irrégulièrement distribuées, les autres formant des lames aplaties dans des plans parallèles aux faces octaédriques. Vers le sommet, ce paquet d'inclusions devient de plus en plus serré, et atteint finalement la surface du diamant, de telle façon qu'au sommet même l'inclusion est à nu.

En examinant cette matière sous le microscope binoculaire, j'ai cru aussitôt y reconnaître du graphite. Elle est très finement cristallisée et les petits grains cristallins qui la constituent montrent l'éclat et la couleur du graphite. La dureté est très faible, et dans la rayure lisse l'éclat métallique est encore plus marqué. Cependant l'oligiste, sous sa forme dite micacée. pourrait ici à la rigueur être confondu avec le graphite; son éclat et sa couleur par réflexion ne diffèrent pas beaucoup de ceux du graphite, et la dureté apparente d'un assemblage de lamelles très fines d'oligiste pourrait tromper aussi. A vrai dire, si les inclusions noires étaient de l'oligiste comme le pense Cohen, on ne manquerait pas d'y voir, au moins par endroits, la couleur rouge et la transparence de ce minéral, les inclusions étant très souvent minces. Si fines qu'elles soient, les inclusions noires restent noires et opaques. Cela seul suffirait pour obliger à repousser la conclusion générale de Cohen. Mais l'essai chimique était ici facile, et il est démonstratif. On sait que l'oligiste, que l'acide chlorhydrique n'attaque que lentement, est rapidement dissous à chaud par un mélange d'acide chlorhydrique et d'iodure de potassium. Après avoir vérifié le fait sur un oligiste micacé fin, qui s'est dissous rapidement et complètement dans ce mélange, j'ai traité de la même manière le diamant et son inclusion. L'attaque a été nulle et l'échantillon, bien que traité longuement et à plusieurs reprises, n'a subi aucun changement; la solution ne contenait pas de fer. Il est donc certain que l'on a affaire à du graphite.

Il reste possible, bien entendu, que l'observation de Cohen relativement au cristal d'oligiste qu'il a cru voir dans un gros diamant soit exacte. Mais la forme ternaire, en lame aplatie suivant la base, et l'éclat métallique peuvent fort bien s'appliquer au graphite, en sorte que cette observation

même me paraît suspecte. Toutefois, même si l'on accepte cette détermination, il n'est pas possible d'admettre que les inclusions noires et opaques soient, d'une manière générale, constituées par un minéral qui, en petits éléments, est translucide et rouge. L'observation que je viens de décrire tend à faire penser, bien plutôt, que les « crapauds » sont constitués par du graphite, ce minéral étant déterminé sans ambiguïté dans l'échantillon de Strasbourg. Seule l'observation de Ch. Friedel paraîtrait indiquer qu'à côté du graphite il peut exister aussi des matières charbonneuses plus facilement combustibles.

Il est intéressant de trouver ainsi associées les deux formes du carbone, comme elles le sont d'ailleurs dans les météorites du Cañon Diablo. L'inclusion du graphite dans le diamant pourrait faire croire, au premier abord, que le graphite a cristallisé le premier et a été englobé postérieurement dans le diamant provenant ou non de sa transformation. Mais l'alignement des inclusions de graphite dans des plans cristallographiques déterminés du diamant s'oppose à cette conclusion. On a d'ailleurs signalé à plusieurs reprises une distribution des inclusions noires en rapport avec la forme cristalline du diamant. Il semble donc bien qu'il faille conclure à la cristallisation simultanée des deux espèces.

M. **Pierre Termier**, présentant à l'Académie [1] l'ouvrage de M. Léopold Kober intitulé *Bau und Entstehung der Alpen*, s'exprime en ces termes :

L'ouvrage que vient de publier M. **L. Kober**, professeur de Géologie à l'Université de Vienne, est le premier livre, ayant le caractère d'un traité, dont l'objet soit la synthèse structurale de toutes les Alpes, de la Méditerranée à la plaine hongroise. On a beaucoup parlé, depuis vingt ans, de la synthèse alpine; exposée dans diverses Notes, elle a été attaquée, défendue, discutée dans de nombreux Mémoires et dans plusieurs livres. Entre géologues français et suisses, l'accord existe depuis longtemps sur les grandes lignes de la structure ; et l'on ne controverse plus que sur les détails. Mais, comme je le disais l'an dernier ici même, la lutte continue, en Autriche, en Allemagne et en Italie, entre les partisans de la *théorie des grandes nappes* (Deckenbau) qui étendent aux Alpes orien-

[1] Séance du 19 novembre 1923.

tales la structure désormais classique des Alpes occidentales et des Alpes suisses, et les partisans d'un individualisme des Alpes orientales pour lesquels ces dernières ont une histoire spéciale et une tectoniqne à elles.

Le livre de M. Kober vient à son heure et apporte, en faveur de la théorie des grandes nappes et de l'unité de structure, de nouveaux arguments et un ferme témoignage. Il fera donc plaisir à tous les géologues qui, de près ou de loin, appartiennent à l'école française ou se réclament d'elle; et je ne saurais trop en recommander la lecture à tous ceux qui s'intéressent à la tectonique, que ce soit la tectonique alpine ou celle des très vieilles chaînes.

La part personnelle de l'auteur dans l'édification de la tectonique alpine est fort importante. Nous devons à M. Kober la connaissance détaillée et précise de la région orientale des Hohen Tauern et du pays qui lui fait suite à l'Est et au Nord-Est. Quand il parle de la *fenêtre* des Tauern, des nappes pennines multiples qui y apparaissent et des nappes de Radstadt qui l'entourent, c'est en maître qui sait de quoi il parle. A la suite de M. F. Becke et de V. Uhlig, il a patiemment disséqué ces montagnes, et j'ai pu constater l'année dernière à quel point il les avait pénétrées et comprises. Mais ses efforts se sont étendus à d'autres régions de la chaîne; et il est le premier qui nous ait fait connaître, sur les confins austro-slovènes, les rapports structuraux du pays alpin et du pays dinarique.

Pour M. Kober, toute grande chaîne de montagnes (tout *Orogen* comme il dit) est bâtie en éventail : de part et d'autre d'une *zone intermédiaire* (Zwischengebirge) plus ou moins écrasée, les plis se couchent vers l'extérieur, souvent transformés en des nappes à long cheminement. Le massif corso-sarde, entre Apennin et Atlas, d'une part, et Alpes, Baléares et Sierra-Nevada, d'autre part, joue le rôle de Zwischengebirge; il en est de même de la plaine hongroise, entre Carpathes et Dinarides. De Nice au Bachergebirge, la *zone intermédiaire* est totalement écrasée et réduite à une *cicatrice* (Narbe) : c'est le *bord alpino-dinarique*. Au nord de cette cicatrice, les nappes alpines fuient vers le Nord; au sud, les nappes dinariques fuient vers le Sud. Mais l'ensemble dinarique surmonte néanmoins l'ensemble alpin et s'est avancé sur lui, plus ou moins loin suivant les régions. A cette manière originale de voir les choses, je ne connais aucune objection grave. L'hypothèse n'est pas *nécessitée* par l'étude des seules Alpes (de Nice à la plaine hongroise); mais elle devient séduisante pour les prolongements de la chaîne alpine, aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest.

Le livre est complété par une carte tectonique des Alpes à l'échelle de $\frac{1}{1500000}$ qui est, à elle seule, pour la théorie des grandes nappes, un argument presque irrésistible.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *J. Violle*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Aimé Cotton	obtient	32 suffrages
M. Charles Fabry	»	28 »
M. Henri Abraham	»	1 suffrage

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Aimé Cotton**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° André Piédallu. *Le sorgho, son histoire, ses applications*. (Présenté par M. J. Costantin.)

2° *L'hérédité chez la betterave cultivée*, par Jacques Lévêque de Vilmorin. (Présenté par M. P. Dangeard.)

Mme Vve **Wyrouboff** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

MM. **Gaston Bertrand**, **Chipart**, **Gaston Delépine**, **H. Humbert**, **Robert Noël**, **Eugène Rochard** et **Wolf-Maurice Stern**, **Herbert Edwards Soper**, **Eugène Tassilly** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des fonctions presque périodiques par des sommes trigonométriques.* Note de M. **Harald Bohr**.

Dans la théorie de l'approximation des fonctions continues *périodiques* par des polynomes trigonométriques, on a deux théorèmes classiques, d'un caractère assez différent :

1. *Théorème de la série de Fourier.* — A toute fonction $f(x)$, périodique de période $\frac{2\pi}{k}$, il appartient une série de la forme $\sum_{-\infty}^{\infty} a_n e^{inkx}$, la série de Fourier de la fonction, qui de son côté détermine la fonction $f(x)$ d'une manière univoque, et qui converge en moyenne vers $f(x)$.

2. *Théorème de l'approximation uniforme.* — Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction continue $f(x)$ soit périodique de période $\frac{2\pi}{k}$ est qu'on peut l'approcher d'une manière uniforme par une suite de polynomes trigonométriques de la forme $\sum_{-N}^{N} b_n e^{inkx}$.

Dans une Note antérieure [1], j'ai introduit une certaine classe de fonctions continues d'une variable réelle, les fonctions *presque périodiques*, et j'ai montré que le théorème 1 peut s'étendre de la manière suivante :

I. *A toute fonction presque périodique $f(x)$, il appartient une suite de nombres réels $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ et une série trigonométrique de la forme $\sum_{1}^{\infty} a_n e^{i\lambda_n x}$; cette série que l'on pourrait appeler « la série de Fourier généralisée de la fonction $f(x)$ », détermine de son côté la fonction $f(x)$ d'une manière univoque, et elle converge en moyenne vers $f(x)$.*

Dans cette Note, je m'occuperai d'une extension du théorème 2 aux fonctions presque périodiques. Pour y arriver, on doit étudier *les propriétés arithmétiques des exposants* λ_n qui appartiennent à une fonction presque périodique donnée. En effet, il convient d'introduire la notion d'une *base* des exposants λ_n [2], c'est-à-dire une suite dénombrable (ou finie) de nombres réels $k_1, k_2, \ldots$, *linéairement indépendants*, telle que tout expo-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 737.

[2] Voir H. Bohr, *Zür Theorie der allgemeinen Dirichletschen Reihen* (*Math. Ann.*, t. 79, p. 136-156).

sant λ_n peut être exprimé comme fonction linéaire d'un nombre fini des nombres k_m à coefficients *rationnels*. En particulier, on est conduit à distinguer entre le cas, où l'on peut choisir la base $\{k_m\}$ de telle manière que les coefficients rationnels dans les expressions des exposants λ_n par des nombres k_m sont tous des nombres *entiers* — nous disons, dans ce cas, que les exposants λ_n possèdent une base *entière* — et le cas, où un tel choix n'est pas possible.

Dans le cas spécial où les exposants λ_n possèdent une base *entière* qui, de plus, ne contient qu'un nombre *fini* de nombres, $k_1, k_2, \ldots, k_q$, les fonctions presque périodiques correspondantes sont identiques aux fonctions « quasi périodiques » étudiées par MM. Bohl et Esclangon. On le démontre aisément à l'aide du « théorème fondamental » de ma Note précédente. D'après les recherches très intéressantes de ces géomètres, les fonctions quasi périodiques peuvent se représenter par la forme $f(x) = F(x, x, \ldots, x)$, où $F(x_1, x_2, \ldots, x_q)$ est une fonction continue des variables $x_1, x_2, \ldots, x_q$, qui est rigoureusement périodique par rapport à chacune de ses q variables. C'est à l'aide de cette représentation que M. Bohl a obtenu son résultat principal, que les fonctions quasi périodiques sont identiques aux fonctions $f(x)$, qu'on peut approcher d'une manière uniforme par des sommes trigonométriques de la forme $\Sigma b_n e^{i(n_1 k_1 + \cdots + n_q k_q)x}$.

Pour les fonctions presque périodiques dont les exposants λ_n possèdent une base entière quelconque, on peut généraliser le résultat de MM. Bohl et Esclangon de la manière suivante :

Toute fonction presque périodique $f(x)$ à laquelle appartiennent des exposants λ_n avec une base entière, peut se représenter sous la forme

$$f(x) = F(x, x, \ldots, x, \ldots),$$

où $F(x_1, \ldots, x_2, \ldots, x_m, \ldots)$ est une fonction uniformément continue d'une infinité de variables réelles, qui est rigoureusement périodique par rapport à toutes les variables.

Dans le cas général, où les exposants ne possèdent pas une base entière, l'étude est plus difficile. A l'aide des considérations, dont l'auteur a déjà fait usage dans le Mémoire cité ci-dessus, on trouvera le théorème suivant :

Une fonction presque périodique quelconque se représente sous la forme

$$f(x) = F(x, x, \ldots, x, \ldots),$$

où $F(x_1, x_2, \ldots, x_m, \ldots)$ est une fonction uniformément continue d'une

infinité de variables, qui, sans être périodique elle-même, peut être approchée d'une manière uniforme par des fonctions $G(x_1, \ldots, x_2, \ldots, x_m, \ldots)$, *qui sont périodiques par rapport à tous les* x_m.

En se rappelant que les fonctions périodiques d'une infinité de variables peuvent être approchées par des expressions trigonométriques, on arrive à l'aide du dernier théorème au résultat suivant, qui forme l'extension du théorème 2.

II. *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction*

$$f(x)\,(-\infty < x < \infty)$$

soit presque périodique est qu'elle peut s'approcher d'une manière uniforme par des sommes trigonométriques quelconques $\sum_1^N b_n e^{i\lambda_n x}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les confluences de la série de Clausen.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

La fonction hypergéométrique d'ordre supérieur, introduite par Clausen et étudiée par M. Goursat,

$$F\begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & x \end{pmatrix} = \sum_0^\infty \frac{(a_1, m)(a_2, m)(a_3, m)}{(b_1, m)(b_2, m)} \frac{x^m}{(1, m)}$$

donne naissance, par confluence, à plusieurs séries nouvelles, que, se bornant à celles qui sont convergentes, l'on peut représenter par les symboles suivants, où les astérisques indiquent les confluences

$$\text{(I)} \qquad F\begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \star \\ b_1 & b_2 & x \end{pmatrix} = \sum \frac{(a_1, m)(a_2, m)}{(b_1, m)(b_2, m)} \frac{x^m}{(1, m)},$$

$$\text{(II)} \qquad F\begin{pmatrix} a_1 & \star & \star \\ b_1 & b_2 & x \end{pmatrix} = \sum \frac{(a_1, m)}{(b_1, m)(b_2, m)} \frac{x^m}{(1, m)},$$

$$\text{(III)} \qquad F\begin{pmatrix} \star & \star & \star \\ b_1 & b_2 & x \end{pmatrix} = \sum \frac{x^m}{(b_1, m)(b_2, m)(1, m)}.$$

La deuxième de ces fonctions qui vérifie l'équation différentielle

$$x^2 y''' + x y''(1 + b_1 + b_2) + y'(b_1 b_2 - x) - a_1 y = 0$$

semble particulièrement intéressante, en raison des rapports très étroits qui la lient aux fonctions de Bessel.

1. Elle peut servir à exprimer le *carré* de toute fonction de Bessel : si nous posons en effet, pour simplifier,

$$\Xi(n, x) = \sum \frac{x^m}{(n, m)(1, m)} = \Gamma(n)\, x^{\frac{1-n}{2}} i^{1-n} J_{n-1}(2i\sqrt{x}),$$

une marche analogue à celle qu'a suivie Clausen au tome 3 du *Journal de Crelle* montre que l'on a

$$\Xi^2(n, x) = F\begin{pmatrix} n - \frac{1}{2} & \star & \star \\ n & 2n-1 & 4x \end{pmatrix},$$

ce qui permet de mettre le carré d'une fonction de Bessel, d'indice quelconque, sous la forme d'une série (II). Par exemple

$$J_0^2(x) = F\begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \star & \star \\ 1 & 1 & -x^2 \end{pmatrix}.$$

2. Elle peut servir à exprimer la *dérivée* de toute fonction de Bessel : la considération des équations différentielles, jointe au procédé des équations de Didon, amène, en effet, à la formule

$$\frac{d^{2p}}{dx^{2p}} \Xi(n, x^2) = \frac{1.3.5\ldots(2p-1).2^p}{(n, p)} F\begin{pmatrix} p + \frac{1}{2} & \star & \star \\ \frac{1}{2} & n+p & x^2 \end{pmatrix}$$

et à une formule analogue pour une dérivée d'indice impair. Ces relations, qui sont très générales et s'étendent aux fonctions hypergéométriques d'ordre quelconque, sont des généralisations directes de l'expression des polynomes d'Hermite en série de Kummer,

$$\frac{d^{2p}}{dx^{2p}} e^{x^2} = 1.3\ldots(2p-1).2^p F\begin{pmatrix} p + \frac{1}{2} & \star \\ \frac{1}{2} & x^2 \end{pmatrix}.$$

On en tirera des relations entre la série (II) et les dérivées des fonctions de Bessel : par exemple

$$\frac{d^{2p}}{dx^{2p}} J_0(x) = \frac{1.3\ldots(2p-1)}{2.4.6\ldots(2p)} (-1)^p F\begin{pmatrix} p + \frac{1}{2} & \star & \star \\ p+1 & \frac{1}{2} & -\frac{x^2}{4} \end{pmatrix}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégro-différentielles linéaires à plusieurs variables*. Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. Goursat.

1. Considérons l'équation intégro-différentielle linéaire suivante — comprenant en particulier les équations linéaires aux dérivées partielles — où, pour simplifier l'écriture, nous prenons senlement deux variables indépendantes et supprimons les virgules entre les arguments,

$$(1) \qquad \varphi(xy) = f(xy) + \int_{L_x}^{m} dt^m \int_{L_y}^{p} \sum_{r_i, q_i = 0}^{r_i = r, q_i = q} K_{r_i q_i}(xytv) \frac{\partial^{r_i + q_i} \varphi(tv)}{\partial t^{r_i} \partial v^{q_i}} dv^p,$$

en désignant par $\varphi(xy)$ la fonction inconnue; $f(xy)$ et $K_{r_i q_i}(xytv)$ des fonctions analytiques données, supposées holomorphes, quand la variable indépendante x et la variable d'intégration t ne sortent pas d'un certain domaine D_x borné, complet et simplement connexe, et que d'autre part les variables y et v ne sortent pas d'un domaine analogue D_y; par L_x et L_y deux lignes rectifiables de longueur finie joignant l'une, dans D_x, le point fixe x_0 au point x, l'autre, dans D_y, y_0 à y; enfin par les symboles $\int_{L_x}^{m}$ et $\int_{L_y}^{p}$ des intégrales m-uple et p-uple effectuées le long de L_x et de L_y.

Cette équation a manifestement pour *solution formelle* la série

$$\sum_{n=0}^{\infty} u_n(xy),$$

dont les différents termes $u_0, \ldots, u_n, \ldots$ ont pour expression $f(xy), \ldots,$

$$\int_{L_x}^{m} dt^m \int_{L_y}^{p} \sum_{r_i, q_i = 0}^{r, q} K_{r_i q_i}(xytv) \frac{\partial^{r_i + q_i} u_{n-1}(tv)}{\partial t^{r_i} \partial v^{q_i}} dv^p, \qquad \ldots.$$

L'objet essentiel de cette Note est de résumer les grandes lignes d'une méthode qui permet de prouver la convergence de ce développement. Voici le résultat de cette étude :

Théorème. — *Si l'ordre d'intégration* $m + p$ *est supérieur à l'ordre maximum de dérivation, l'équation* (1) *admet une solution* $\varphi(xy)$ *qui est : 1° holomorphe dans toute région intérieure au domaine d'holomorphie* (D_x, D_y) *des coefficients; 2° représentable dans tout l'intérieur de ce domaine par*

l'unique développement $\Sigma u_n(xy)$ défini plus haut, qui y est absolument et uniformément convergent.

Ainsi apparaît une première similitude entre les équations différentielles ordinaires (linéaires) et l'équation (1) dans le cas où $m+p$ est $> r+q$ (ce qui est, par exemple, le cas des équations du second ordre hyperbolique et parabolique).

2. Pour plus de clarté, indiquons la démonstration de la première partie en nous contentant d'une somme Σ réduite, sous les signes d'intégration, à un seul terme $K(xytv)\frac{\partial^{r+q}\varphi(tv)}{\partial t^r \partial v^q}$, ce qui ne diminue pas la généralité des raisonnements.

Limitation de $|u_n(xy)|$. — Appelons μ et M les bornes supérieures de $|f(xy)|$ et $|K(xytv)|$ dans (D_x, D_y). Possédant une limite supérieure μ ou $U_0(xy)$ de $|u_0(xy)|$, supposons qu'on en connaisse une, $U_{n-1}(xy)$ de $u_{n-1}(xy)|$ pour certaines valeurs de x et y, et cherchons à en déduire une par récurrence, $U_n(xy)$ pour $|u_n(xy)|$. Pour cela, considérons des cercles C_n et Γ_n ayant respectivement pour centres les points fixes x_0 et y_0, et pour rayons $|t-x_0|+\delta_n$ et $|v-y_0|+\delta_n$, δ_n étant la quantité $\frac{\varepsilon}{\omega}\frac{1}{n^\alpha}$, où α est une constante >1, ω la somme de la série $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^\alpha}$, ε une constante positive arbitrairement petite. Si z_n et ζ_n désignent les points courants sur C_n et Γ_n, l'emploi de la formule de Cauchy

$$\frac{\partial^{r+q}u_{n-1}(tv)}{\partial t^r \partial v^q}=\frac{r!\,q!}{(2\pi i)^2}\int_{C_n}dz_n\int_{\Gamma_n}\frac{u_{n-1}(z_n\zeta_n)\,d\zeta_n}{(z_n-t)^{r+1}(\zeta_n-v)^{q+1}}$$

est légitime si les contours C_n et Γ_n, qui entourent t et v, sont intérieurs l'un à D_x, l'autre à D_y (condition A). Si en outre la limite supérieure $U_{n-1}(xy)$ est valable aux points z_n et ζ_n (condition B), on voit, en appelant γ_n^t, γ_n^v et a les deux intégrales $\int_{C_n}\frac{|dz_n|}{|z_n-t|^{r+1}}$, $\int_{\Gamma_n}\frac{|d\zeta_n|}{|\zeta_n-v|^{r+1}}$ et la quantité $\frac{r!\,q!}{(2\pi i)^2}$, que l'expression $a\,U_{n-1}(z_n\zeta_n)\gamma_n^t\gamma_n^v$ est une limite supérieure de $\frac{\partial^{r+q}u_{n-1}(tv)}{\partial t^r \partial v^q}$ et que l'expression

$$a\mathrm{M}\int_{L_x}^{m}|dt|^m\int_{L_y}^{p}U_{n-1}(z_n\zeta_n)\gamma_n^t\gamma_n^v|dv|^p \quad \text{ou} \quad w_n(xy)$$

en est aussi une pour $|u_n(xy)|$. Choisissons maintenant pour chemin d'inté-

gration reliant x_0 (ou y_0) à un autre point du même plan, le segment de droite joignant ces deux points.

Il est permis alors de prendre pour $U_n(xy)$ toute fonction dont la valeur est $\geqq \varpi_n(xy)$, car on vérifie que les conditions A et B (constituant les *conditions* $n^{\text{ièmes}}$ *de validité*) sont remplies pourvu que x (et y) soit intérieur au plus grand cercle d_{x_0} (et d_{y_0}) qu'on puisse tracer dans D_x (et D_y) avec x_0 (et y_0) pour centre. Achevons la détermination effective de $U_n(xy)$.

Appelons $s(x)$ et $s(y)$ les longueurs des arcs L_x, L_y, et Δ_n, Δ'_n des limites supérieures de γ^t_n et γ^v_n qui soient fonctions uniquement de δ_n, par exemple $\frac{2\pi}{\delta^r_n}$ et $\frac{2\pi}{\delta^q_n}$. Comme $s(z_n)$ et $s(\zeta_n)$ ont pour valeurs $s(t)+\delta_n$ et $s(v)+\delta_n$, on voit, après quelques calculs, qu'on peut prendre pour $U_n(xy)$ l'expression

$$\mu(aM)^n\Delta_1\ldots\Delta_n.\Delta'_1\ldots\Delta'_n\frac{[s(x)+\varepsilon]^{nm}}{(nm)!}\,\frac{[s(y)+\varepsilon]^{np}}{(np)!}.$$

Désignons par τ et X les quantités

$$m+p-\alpha(r+q) \quad \text{et} \quad aM.4\pi^2\left(\frac{\omega}{\varepsilon}\right)^{r+q}(l+\varepsilon)^m(l'+\varepsilon)^q,$$

où l et l' sont deux constantes toujours supérieures à $s(x)$ et $s(y)$ dans D_x et D_y; $U_n(xy)$ est $<\mu\frac{X^n}{(n!)^\tau}$; ceci est le terme général d'une série numérique qui est convergente si l'on choisit α inférieur à $\frac{m+p}{r+q}$, ce qui est possible. Donc la série $\Sigma u_n(xy)$ est absolument et *uniformément* convergente dans le domaine bicirculaire (d_{x_0}, d_{y_0}), où les coefficients sont développables en séries entières en $(x-x_0)$ et $(y-y_0)$.

Elle représente donc bien dans ce domaine la solution cherchée, qui sera holomorphe à l'intérieur de (D_x, D_y) comme les coefficients. Pour la seconde partie, on a une démonstration analogue en prenant comme contours C_n et Γ_n des cercles de centres t et v et de rayon δ_n.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes adjoints d'équations différentielles linéaires.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Emile Borel.

Étant donnés deux systèmes d'équations différentielles linéaires, d'ordre n, d'intégrales générales

$$x_i=\sum_{h=1}^{n}\alpha_h x_{hi} \quad \text{et} \quad X_i=\sum_{h=1}^{n}\lambda_h X_{hi},$$

on dit qu'ils sont adjoints s'il existe une expression, à coefficients constants, bilinéaire par rapport aux deux systèmes d'intégrales, dont la valeur soit indépendante de la variable indépendante t.

Il semble qu'il manque une réciproque à cette théorie et qu'on puisse se demander si la relation bilinéaire est la seule possible entre deux systèmes linéaires, tout au moins sous certaines conditions de généralités.

La réponse est affirmative. Autrement dit, si deux systèmes linéaires sont tels qu'il existe une expression analytique

$$\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n; X_1, X_2, \ldots, X_p)$$

dont la valeur soit indépendante de t, ils sont en général du même ordre et adjoints.

La démonstration fait intervenir les rotations de chaque système, c'est-à-dire les coefficients $r_{ik}(t)$ et $R_{ik}(t)$ des relations

$$\frac{dx_{hi}}{dt} = \sum_l r_{hl}(t)x_{li}, \qquad \frac{dX_{hi}}{dt} = \sum_l R_{hl}(t)X_{li},$$

et conduit à supposer que les rotations d'un même système sont des fonctions linéairement distinctes. Tel est le caractère de généralité, sinon nécessaire, tout au moins suffisant pour que la conclusion précédente soit exacte.

Si l'on suppose les deux systèmes de même ordre, ce qui ne change en rien les raisonnements, on doit pouvoir écrire

$$\Phi(x_1, \ldots, x_n; X_1, \ldots, X_n) \equiv V(\alpha_1, \ldots, \alpha_n; \lambda_1, \ldots, \lambda_n),$$

et V est alors donnée par l'équation aux dérivées partielles

$$\sum_{ik} r_{ik}(t)\,\alpha_i\frac{\partial V}{\partial \alpha_k} + \sum_{jh} R_{jh}(t)\,\lambda_j\frac{\partial V}{\partial \lambda_h} = 0. \tag{1}$$

Cette équation, jointe à $\frac{\partial V}{\partial t} = 0$, et à l'indépendance linéaire tant des r_{ik} que des R_{ik}, exige que les rotations de l'un quelconque des deux systèmes soient des combinaisons linéaires à coefficients constants de l'autre, à savoir

$$R_{jh} = \sum_{ik} \theta_{ik}^{jh} r_{ik}, \tag{2}$$

et l'on obtient pour V le système d'équations

$$F_{ik}(V) \equiv \alpha_i \frac{\partial V}{\partial \alpha_k} + \sum_{jh} \theta_{ik}^{jh} \lambda_j \frac{\partial V}{\partial \lambda_h} = 0. \tag{3}$$

On peut voir tout d'abord que la seule équation, en α_i et $\frac{\partial V}{\partial \alpha_i}$ seuls, que puisse vérifier V est $\sum_i \alpha_i \frac{\partial V}{\partial \alpha_i} = 0$, de sorte qu'on distinguera deux cas, suivant que V est ou n'est pas homogène et de degré zéro par rapport aux α ou aux λ.

D'autre part, les rotations d'un système ne sont définies qu'à une transformation près du groupe à n^2 paramètres

$$r'_{ik} = \sum_{jh} c_{ij} c^{kh} r_{jh},$$

où les c^{kh} sont les contrevariants des paramètres constants c_{ij}.

Grâce à cette ambiguïté on peut réduire $F_{11}V$ à la forme

$$F_{11} V = \alpha_1 \frac{\partial V}{\partial \alpha_1} + \sum_j \theta_{11}^{jj} \lambda_j \frac{\partial V}{\partial \lambda_j} = 0.$$

Les conditions d'intégrabilité de (3) sont alors assez simples et montrent que les θ_{11}^{jj} se partagent nécessairement en deux groupes

$$\theta_{11}^{11} = \theta_{11}^{22} = \ldots = \theta_{11}^{n-1.n-1} = \theta_{11}^{nn} = \pm 1.$$

La conclusion s'obtient ensuite facilement. Si V n'est homogène et de degré zéro par rapport à aucun des groupes α ou λ, le signe $(-)$ conduit à une impossibilité, et le signe $(+)$ donne la fonction $V = \sum \alpha_i \lambda_i$; les θ_{ik}^{jh} sont tous nuls sauf les θ_{ki}^{ik}, égaux à -1; on a donc

$$R_{ik} = -r_{ki},$$

et en exprimant, dans V, les α et les λ en fonction des x_i, x_{hi}, X_i, X_{hi}, on obtient une fonction bilinéaire en x_i et X_i, dont les coefficients sont nécessairement constants. C'est la solution, connue d'avance, des systèmes adjoints.

Enfin, si V est homogène et de degré zéro par rapport aux α, par exemple, le signe $(+)$, aussi bien que le signe $(-)$, conduisent à une impossibilité.

ÉLASTICITÉ. — *Plaques minces rectangulaires simplement encastrées.* Note de M. **Paul Sonier** [1], présentée par M. Mesnager.

Si l'on substitue les cosinus aux sinus, pour le développement de la fonction de charge, dans la méthode appliquée par Navier au calcul des plaques minces rectangulaires, on aboutit toujours à une intégrale de leur équation différentielle, mais avec de nouvelles conditions aux limites : la déviation des plans des sections de pourtour s'annule alors, ainsi que l'effort tranchant de ces sections; c'est le cas de la *plaque mince rectangulaire simplement encastrée (non fixée) suivant ses bords.*

On obtient dans ces conditions pour la flèche élastique w, à une constante près, la solution générale

$$w=\frac{1-\eta^2}{\pi^4 \mathrm{EI}}\left[a^4\sum\frac{c_m}{m^4}\cos\frac{m\pi x}{a}+b^4\sum\frac{c_n}{n^4}\cos\frac{n\pi y}{b}+\sum\sum\frac{c_{m,n}}{\left(\frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2}\right)^2}\cos\frac{m\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{b}\right]$$

avec

$$c_m=\frac{2}{ab}\int_0^a dx\int_0^b p(x,y)\cos\frac{m\pi x}{a}\,dy,$$

$$c_n=\frac{2}{ab}\int_0^a dx\int_0^b p(x,y)\cos\frac{n\pi y}{b}\,dy,$$

$$c_{m,n}=\frac{4}{ab}\int_0^a dx\int_0^b p(x,y)\cos\frac{m\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{b}\,dy.$$

Le feuillet moyen de la plaque est supposé limité par les quatre droites $x=0$, $x=a$, $y=0$, $y=b$.

La fonction $p(x,y)$ représente la charge unitaire (valeur de la résultante des pressions s'exerçant sur les deux faces, rapportée à l'unité de surface de la plaque en chaque point).

m et $n=1, 2, 3, \ldots, \infty$; I est le moment d'inertie, supposé constant, d'une section de longueur égale à l'unité; E est le coefficient d'élasticité; η, le coefficient de Poisson.

Application aux planchers sans nervures. — Soit une dalle d'étendue indéfinie, chargée uniformément sur toute sa surface et portée directe-

[1] Résumé du contenu du pli cacheté déposé par M. Paul Sonier le 8 mai 1922, enregistré sous le n° 8999 et ouvert le 24 septembre 1923.

ment par des piliers identiques dont les centres d'appui sont les points

$$(x = \pm 2Ka, \quad y = \pm 2K'b) \quad \text{avec} \quad K = 0, 1, 2, \ldots \quad \text{et} \quad K' = 0, 1, 2, \ldots$$

La partie de la dalle limitée par les quatre droites : $x = 0$, $x = a$, $y = 0$, $y = b$ (quart de panneau) se trouve, pour des raisons de symétrie, dans les conditions du problème précédent. Enfin on peut admettre (suivant l'usage) que la réaction de chaque pilier s'étale uniformément sur un rectangle.

Soient $x = -u$, $x = u$, $y = -v$, $y = v$, les quatre droites limitant ce rectangle pour le pilier situé à l'origine des coordonnées; soit, d'autre part, P la charge totale (uniforme) reposant sur une surface $2a \times 2b$ (panneau). On obtient

$$c_m = -\frac{P}{2\pi b u}\cdot\frac{1}{m}\sin\frac{m\pi u}{a}, \qquad c_n = -\frac{P}{2\pi b v}\cdot\frac{1}{n}\sin\frac{n\pi v}{b};$$

$$c_{m,n} = -\frac{P}{\pi^2 u v}\cdot\frac{1}{mn}\sin\frac{m\pi u}{a}\sin\frac{n\pi v}{b}.$$

Moments fléchissants. — Le moment de *fléchissement*

$$M_x = -\frac{EI}{1-\eta^2}\frac{d^2 w}{dx^2}$$

(section perpendiculaire à l'axe des x) s'exprime dès lors par

$$M_x = -\frac{Pa^2}{2\pi^3 b u}\sum\frac{1}{m^3}\sin\frac{m\pi u}{a}\cos\frac{u\pi x}{a}$$
$$-\frac{P}{\pi^4 a^2 u v}\sum\sum\frac{m}{n\left(\frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2}\right)^2}\sin\frac{m\pi u}{a}\sin\frac{n\pi v}{b}\cos\frac{m\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{b}.$$

On peut transformer la série double en série simple (faute de quoi la formule demeurerait pratiquement inutilisable, en dehors peut-être de quelques cas faciles) :

1° Pour $x = 0$,

$$M_x = -\frac{P}{24ab}(2a-u)(a-u) - \frac{Pb}{4\pi^2 v}\sum\frac{\sin\frac{n\pi v}{b}\cos\frac{n\pi y}{b}}{n^2}$$
$$\times\frac{\operatorname{sh}\frac{n\pi(2a-u)}{b} - \left(\frac{2a}{u}-1\right)\operatorname{sh}\frac{n\pi u}{b}}{\operatorname{ch}\frac{2n\pi a}{b}-1};$$

2° Pour $x = a$,

$$M_x = \frac{P}{24ab}(a^2 - u^2) + \frac{Pb}{4\pi^2 v}\sum \frac{\sin\frac{n\pi v}{b}\cos\frac{n\pi y}{b}}{n^2}$$

$$\times \frac{\left(\frac{a}{u} - 1\right)\operatorname{sh}\frac{n\pi(a+u)}{b} - \left(\frac{a}{u} + 1\right)\operatorname{sh}\frac{n\pi(a-u)}{b}}{\operatorname{ch}\frac{2n\pi a}{b} - 1};$$

3° Pour $x = u$, on remplacera u par $2u$ dans la première de ces deux formules;

4° Pour $x = \frac{a}{2}$, on remplacera a par $\frac{a}{2}$ dans la deuxième de ces formules et l'on divisera tout le second membre par 2.

Remarque importante. — Le moment d'encastrement total du côté $x = 0$ du quart de panneau est

$$\int_0^a M_x\,dy = -\frac{P}{24a}(2a - u)(a - u).$$

Cas des panneaux carrés. — Dans l'hypothèse $a = b$, $u = v$, les formules subissent des simplifications importantes. En les appliquant ensuite au cas $u = \frac{a}{4}$ on obtient les moments de fléchissement suivants :

1° Au centre du panneau ($x = y = a$), $M = \frac{P}{38}$; 2° au coin du rectangle d'appui et suivant le bord de ce rectangle, $M' = -\frac{P}{24,8}$; 3° au milieu d'un côté du panneau et suivant ce côté, $M_1 = -\frac{P}{35,5}$; 4° au même point, mais dans le sens perpendiculaire au côté du panneau, $M'_1 = \frac{P}{18,8}$.

D'autre part, il est permis de faire tendre u et v avez zéro dans toutes les formules. Celles relatives au panneau carré donnent alors, au lieu des chiffres ci-dessus :

$$M = \frac{P}{48} + \frac{P}{4\pi}\sum \frac{(-1)^{n-1}}{n\operatorname{sh} n\pi} = \frac{P}{36,3};$$

$$M_1 = -\frac{P}{12} + \frac{P}{4\pi}L2 + \frac{P}{4\pi}\sum(-1)^{n-1}\frac{\coth n\pi - 1}{n} - \frac{P}{4}\sum\frac{(-1)^{n-1}}{\operatorname{sh}^2 n\pi} = -\frac{P}{33,6};$$

$$M'_1 = -M_1 + \frac{P}{24} - \frac{P}{2\pi}\sum\frac{1}{n\operatorname{sh} n\pi} = \frac{P}{17,5};$$

et $M' = -\infty$, ce qui n'est pas surprenant vu l'hypothèse $u = v = 0$, qui est irréalisable, mais donne une approximation suffisante pour l'étude des régions éloignées des surfaces d'appui, lorsque celles-ci sont de faibles dimensions.

AVIATION. — *Le vol plané sans force motrice.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Brillouin.

Des Notes récentes de MM. Charles Nordmann [1] et Vasilesco Karpen [2] me donnent l'occasion de rappeler que, en 1908 dans une Note [3] aux *Comptes rendus* et en 1909 dans un article [4] plus détaillé publié dans la *Revue des Idées*, j'ai indiqué comment, dans l'utilisation des variations géométriques du vent pour le planement, l'orientation des surfaces portantes devait être liée aux vitesses de l'appareil planeur et du vent relatif.

Dans cette façon d'envisager le problème, le signe algébrique de l'angle d'attaque ne joue aucun rôle essentiel ; il peut être positif ou négatif ; il est surtout déterminé, dans certaines phases du vol, par la condition de rendre positif le travail mécanique résultant de la réaction de l'air.

Voici résumé en quelques mots le principe de la théorie. Si l'on prend comme système de comparaison, un système entraîné avec la vitesse horizontale *moyenne* du vent, si, z désigne l'altitude de l'appareil volant sans moteur (oiseau ou aéroplane), v sa vitesse géométrique, v_a la vitesse géométrique du vent à un instant et dans une position déterminée quelconques de l'appareil (v_a est donc la *variation* géométrique de la vitesse absolue du vent), v_r la vitesse relative du vent par rapport à l'appareil et indépendamment de son orientation, on pourra *augmenter* l'énergie totale de l'appareil, c'est-à-dire la quantité $\frac{v^2}{2} + gz$ en orientant le plan portant de manière à laisser d'un même côté les trois secteurs, v, v_a, v_r ; ce qui est possible puisque $(v_a) = (v) + (v_r)$. Cette conclusion résulte immédiatement du théorème des forces vives, en remarquant que, dans ce cas, le travail de la réaction de l'air est positif. La très large condition ainsi obtenue n'implique aucun signe déterminé vis-à-vis de l'angle d'attaque.

Par le simple jeu de l'orientation du plan portant, l'appareil peut ainsi augmenter son énergie totale, laquelle, à d'autres phases du vol, et parfois pendant la même phase, peut être transformée soit en altitude au détriment de la vitesse avec perte d'énergie généralement (perte certaine dans le cas d'un vent horizontal régulier, ou calme, ce qui est équivalent); soit en vitesse

---

(1) *Comptes rendus*, 20 août et 12 novembre 1923.
(2) *Comptes rendus*, 15 octobre 1923.
(3) *Comptes rendus*, 14 septembre 1908.
(4) *Revue des Idées*, 15 janvier 1909.

au détriment de l'altitude, ce qui est possible sans perte d'énergie, le plus souvent même avec récupération d'énergie si le vent est irrégulier. Il est fait abstraction, bien entendu, du frottement très faible de l'air sur l'ensemble de l'appareil.

Il est impossible, dans le vol plané, de séparer la propulsion de la sustentation, de traiter le problème sous une forme en quelque sorte statique, en faisant de la sustentation une nécessité d'équilibre de tous les instants. Le terme « vol à la voile » emprunté à la navigation n'a pas grand sens car, dans ce dernier cas, deux fluides interviennent avec des réactions distinctes.

Le problème du vol plané est donc un problème assez complexe de dynamique qui se présente sous deux formes distinctes, pouvant du reste coexister dans une même phase de vol, à savoir : d'une part récupération et même accumulation d'énergie totale (cinétique et potentielle) aux dépens des irrégularités du vent; d'autre part, transformation volontaire ou occasionnelle de l'énergie potentielle d'altitude en énergie cinétique (généralement sans perte), ou inversement (montée, mais généralement avec perte d'énergie).

Il est vrai que, au-dessous d'une certaine vitesse (par rapport au vent horizontal moyen), le mouvement comporte une phase de descente plus ou moins immédiate, mais la vitesse augmentant (sans perte ou même avec récupération d'énergie dans un vent irrégulier) une phase de montée redevient ultérieurement possible.

Le vol plané pourra se composer en définitive de phases de montée et de descente (qui pourront être du reste imperceptibles) sans que le cas d'une altitude rigoureusement constante soit nécessairement exclu; l'énergie dépensée quand il y a dépense (dans les montées) étant empruntée à l'énergie totale, laquelle se trouve régénérée à volonté par le jeu de l'orientation des surfaces portantes dans un vent irrégulier. L'hypothèse d'un vent ascendant rentre dans les cas examinés.

Le vol plané ainsi conçu change de caractère, au point de vue mécanique, pour ainsi dire continuellement. L'utilisation des variations du vent peut se faire de bien des manières; on peut négliger certaines d'entre elles, par exemple lorsque, tout en permettant la récupération d'énergie, elles sont trop nuisibles à l'altitude ou comportent des réactions qui devraient s'exercer par la face supérieure des ailes. De même l'utilisation d'une variation comporte des indéterminées; on peut, suivant les besoins ou les intentions du moment, l'utiliser soit en vue de la vitesse, soit en vue de l'élévation.

Il est probable qu'un long atavisme permet aux oiseaux d'utiliser d'une manière inconsciente ces caractères divers. Leurs ailes sont, par rapport à l'air, des organes de tact qui « sentent et touchent » le vent et provoquent la mise en mouvement des réflexes appropriés pour l'utilisation rationnelle de ses variations.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'entraînement du gaz dans la rotation électromagnétique de la décharge électrique.* Note de M. **C.-E. Guye**, présentée par M. Villard.

Reprenant des considérations développées antérieurement [1] j'ai calculé les vitesses d'entraînement du gaz sous l'influence de la rotation de la décharge.

Dans le cas où les chocs des électrons et des ions contre les molécules du gaz ne seraient ni les uns ni les autres producteurs de nouveaux ions et où la quantité de mouvement qui leur est fournie par le champ magnétique se communiquerait entièrement à la masse gazeuse pour lui donner une vitesse d'ensemble v_0, on aurait

$$v_0 = \frac{N}{M - N}\,\frac{\varepsilon H}{2\pi\sigma^2 M m}, \qquad (1)$$

N nombre d'ions positifs contenus dans l'unité de volume de la décharge; ε charge de l'ion supposée égale à celle de l'électron; H champ magnétique produisant la rotation; M nombre total de molécules, ionisées ou non, dans l'unité de volume; σ et m rayon et masse de la molécule ou de l'ion positif.

Mais c'est là apparemment une limite supérieure de la vitesse d'entraînement, car la décharge, pour se maintenir, nécessite sans cesse la production de nouveaux ions, en quantité plus ou moins grande suivant les conditions de l'expérience, et cette production d'ions absorbe nécessairement une partie de l'énergie.

D'autre part il arrive fréquemment que les chocs des électrons, dont les libres parcours sont approximativement quatre fois plus grands que ceux des ions positifs, sont pratiquement seuls producteurs de nouveaux ions. Si l'on admet que cette production absorbe la plus grande partie de leur énergie cinétique, l'entraînement de la masse du gaz est due alors pratiquement aux seuls chocs des ions positifs contre les molécules.

[1] C.-E. Guye, *Théorie de la rotation de la décharge électrique sous l'influence d'un champ magnétique* (*Arch.*, 1917, p. 489).

Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable qu'il semble résulter des expériences de Townsend que la force vive des électrons ne se communiquerait pas aisément aux molécules du gaz, ainsi que le veut la théorie cinétique des chocs élastiques lorsque les masses sont très inégales.

Dans ce cas, la vitesse d'entraînement devient

$$v_0 = \frac{N}{M - N} \frac{\varepsilon H}{4\pi\sigma^2 M m}. \tag{2}$$

Cette formule semble donner une interprétation satisfaisante des vitesses de rotations observées dans un précédent travail ([1]).

En effet, tant que le nombre N d'ions présents dans l'unité de volume de la décharge est petit, on a pratiquement $v_0 = 0$ et la vitesse de la décharge est celle donnée par la relation précédemment établie ([2])

$$v = \frac{\varepsilon H}{12\pi\sigma^2 M m}, \tag{3}$$

relation qui a permis de calculer les diamètres moléculaires et qui représente la *vitesse de rotation de la conductibilité*.

Mais si l'on diminue la pression au delà d'une certaine limite, cette formule, comme l'a montré l'expérience, cesse d'être valable, car l'ionisation par chocs due aux électrons puis aux ions positifs intervient énergiquement et multiplie considérablement le nombre d'ions N présents dans le gaz.

Il convient alors d'ajouter à la vitesse v de rotation de la conductibilité, la vitesse d'entraînement v_0 du gaz. La vitesse de la décharge croît alors très rapidement avec la diminution de la pression, comme on le constate d'ailleurs.

Enfin, lorsque le nombre N d'ions est voisin de M, la vitesse v_0 devient très grande, même pour un champ magnétique H presque nul. C'est le phénomène de la *rotation spontanée* que nous avons observé à plusieurs reprises dans nos expériences et qui avait été constaté antérieurement dans l'arc au mercure par M. Dufour.

En résumé, dans le cas où l'action des ions positifs est seule agissante pour communiquer au gaz un mouvement de rotation, la vitesse observée V peut être mise sous la forme

$$V = \frac{\varepsilon H}{12\pi\sigma^2 M m}\left[1 + \frac{3N}{M - N}\right], \tag{4}$$

([1]) C.-E. Guye et R. Rüdy, *Arch. des Sc. phys.*, mai-août 1923.

([2]) C.-E. Guye, *Arch.*, 1917, p. 489; *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 382.

expression qui permet de se rendre compte approximativement du nombre N d'ions contenus dans l'unité de volume de la décharge.

Nous reviendrons ailleurs avec plus de détails sur l'ensemble de la question.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Les ondes très courtes en radiotélégraphie.* Note de MM. **R. Mesny** et **P. David**, présentée par M. G. Ferrié.

On a déjà réalisé, depuis quelques années, des ondes dont la longueur est de l'ordre du mètre au moyen de tubes électroniques. M. Gutton (¹), en 1917, produisit des ondes de $1^{m},50$, Kurz et Barkhausen (²) purent obtenir l'an dernier sur fils de Lecher des oscillations correspondant à des ondes de $0^{m},50$ environ, mais la puissance recueillie a toujours été faible et les dispositifs employés ne se prêtaient pas à une utilisation pratique. Nous nous sommes proposé d'établir un ensemble susceptible de fournir une énergie rayonnée assez importante pour permettre des communications radiotélégraphiques.

Avec des ondes très courtes, il est en effet possible d'utiliser des miroirs paraboliques qui canalisent l'énergie émise en un faisceau. Comme les dimensions du miroir doivent être du même ordre que la longueur de l'onde, il y a intérêt à diminuer cette longueur autant qu'on le peut.

L'avantage que procure l'emploi d'un miroir n'est pas le seul; les antennes auxquelles on se trouve conduit sont particulièrement adaptées à une bonne utilisation de l'énergie dépensée. Ces antennes vibrent en demi-onde, de telle sorte qu'on se trouve conduit à employer un simple fil vertical de 1^{m} de hauteur pour rayonner une onde de 2^{m}; la résistance de rayonnement est alors de 80^{ω}, alors que la résistance ohmique n'atteint pas 1^{ω}; toute la puissance dépensée dans l'antenne est donc utilisée pour produire le rayonnement, contrairement à ce qui se produit avec les ondes habituelles.

Pour atteindre notre but, nous avons remplacé le montage ordinaire à une seule triode par un montage à deux triodes symétriques qui offre l'avantage de délimiter très nettement les parties du système parcourues par les oscillations de haute fréquence et qui rend ainsi la génération des ondes très courtes aussi simple que celle des ondes habituelles de plusieurs centaines de mètres.

(¹) Gutton, *La lampe à trois électrodes* (*Conférences*, *Rapports*, p. 88).

(²) Barkhausen et Kurz, *Physikalische Zeitschrift*, janvier 1920.

Le modèle de triode fut celui des tubes de réception de la Radiotélégraphie militaire convenablement modifiés. Il y a lieu de remarquer en effet que lorsqu'on atteint les fréquences de l'ordre de 10^8, le temps nécessaire aux électrons pour aller du filament à la plaque est de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-9} et le fonctionnement des tubes se trouve ainsi limité par leur agencement intérieur.

Dans ces conditions, nous avons pu atteindre l'onde de $1^m,20$ et obtenir un excellent fonctionnement sur l'onde de $1^m,60$. Sur cette dernière nous avons pu mettre un courant de $\frac{6}{10}$ d'ampère dans une antenne vibrant en demi-onde, ce qui correspond à une puissance rayonnée de 29 watts.

Nous avons également adapté la téléphonie à l'émetteur ainsi constitué; la modulation est excellente. Des essais de communication viennent de commencer dans les environs de Paris; ceux déjà réalisés avaient seulement pour but de vérifier le fonctionnement des dispositifs établis. Avec une intensité de 80 milliampères à l'émission et sans employer de miroir à l'émission, ni à la réception, nous avons réalisé des communications téléphoniques à une distance de 2^{km}. L'émetteur et le récepteur ayant été transportés dans un bois, la communication fut encore possible à 500^m. L'absorption se montre ainsi bien inférieure à ce que l'on aurait pu craindre *a priori*.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Résistance à la rupture, compression latérale et équilibre des couches monomoléculaires de divers corps étendus sur l'eau.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Nous avons précédemment montré l'influence importante qu'il convenait d'attribuer au coincement des molécules d'un lubrifiant dans le phénomène de l'onctuosité. Nous développerons ultérieurement ce point, mais allons indiquer quelques expériences très simples, extraites de nouvelles études, qui permettent l'observation de ce coincement (réduit par les molécules liquides) sur des lames minces monomoléculaires, comparables à celles que l'on rencontre dans certaines formes du graissage. Ces expériences montrent aussi la compression variable qui peut exister dans de telles couches — solides ou liquides — à partir du moment où les molécules sont en contact permanent.

Nous utilisons les propriétés d'extension sur l'eau de certains liquides que nous déposons en gouttes sur la surface en essai, et nous sommes amenés à considérer l'étalement de la goutte non comme provoqué par l'excès de la

tension superficielle de l'eau qui tirerait la goutte, mais par l'attraction par l'eau des groupes actifs surmontant les forces de cohésion (Tomlinson, Harkins et Feldman); l'extension est limitée par les molécules de la couche mince formant barrage et équilibrant la poussée de la goutte.

Notons que ces phénomènes ont été entrevus ou partiellement signalés par Rayleigh, Röntgen, Labrouste, et plus récemment par A. Marcelin (pression de saturation).

Une surface de tristéarine est formée par évaporation d'une solution benzénique sur une nappe d'eau de $0^m,48$ de diamètre. En déposant sur cette surface une goutte d'huile minérale non saturée (type Spindle), on voit aussitôt la pellicule se rompre, des fentes à bords rectilignes partir de la goutte, et cheminer plus ou moins régulièrement sur la surface. Ces fentes sont remplies d'huile provenant de la goutte initiale, écoulée en couche assez épaisse pour réfléchir de vives irisations. Si après l'action de la première goutte, on dépose sur les îlots solides une seconde, puis d'autres gouttes de la même huile, la rupture de la membrane est plus longue à se produire.

Finalement de nouvelles gouttes ne font que s'aplatir sans fendre la surface. En substituant l'acide oléique à l'huile minérale, les effets, observables seulement après talcage, sont plus violents en raison de la forte activité de ce liquide : la membrane semble éclater, et des fentes rectilignes se propagent brusquement dans différentes directions. De même, une goutte d'acide oléique placée sur une surface de tristéarine déjà rompue par l'huile minérale, détermine une compression nouvelle assez forte pour déplacer d'un bloc les îlots solides, les rapprocher et refermer ainsi les premières fentes.

Sur une couche d'acide stéarique formée dans les mêmes conditions que celle de tristéarine, une goutte d'huile minérale non saturée ne fait, en général, que s'aplatir, mais une goutte d'acide oléique détermine une ouverture circulaire ou polygonale différant totalement des fentes obtenues sur la tristéarine. Si l'on acidifie la nappe d'eau support de la pellicule, l'ouverture est absolument circulaire; elle est anguleuse sur milieu alcalinisé.

La différence de forme des ouvertures produites dans les pellicules précédentes montre que les molécules de glycéride se coincent plus facilement que celles trois fois plus petites d'acide pour résister à la poussée de la goutte active: ce coincement variable détermine aussi, toutes choses égales, la formation de surfaces plus serrées pour les acides que pour les glycérides.

Si l'on dépose sur une de ces pellicules solides une goutte d'huile miné-

rale tenant en dissolution 1 pour 100 d'acide stéarique, celle-ci s'aplatit, puis, sans se déplacer beaucoup, s'anime de vifs mouvements de contraction et d'extension, dus à l'expulsion de l'acide stéarique attiré par l'eau. Les molécules d'acide ainsi éliminées viennent buter contre le barrage superficiel et se coincer; mais les molécules de glycéride de la lame mince se coinçant plus facilement que celles d'acide, on constate que la goutte s'agite plus longtemps sur une surface d'acide.

L'acide oléique, remplaçant dans la goutte l'acide stéarique, conduit à des phénomènes d'extension, mais non à des pulsations.

Avec les pellicules liquides, on constate aussi une compression variable, mais la mobilité de la couche apporte une influence nouvelle. Il faut tenir compte de causes d'erreur, telles que l'action des parois mouillées des récipients, ou la présence, sur la couche, de fins globules, ces derniers déterminant par leur faible angle de raccordement et leur pression superficielle élevée, un serrage de la pellicule plus fort que celui des grosses gouttes. Notons aussi que ces pellicules sont très sensibles à l'alcalinité du support, même réduite à $P_H = 7,3$, laquelle modifie la tension superficielle, et provoque aussi une dissolution partielle de la pellicule. Ceci est montré, entre autres, en déposant des gouttes d'acide oléique sur une eau faiblement alcaline contenue dans des cristallisoirs de diamètre grandissant : l'aplatissement des gouttes croît avec la surface dont l'augmentation correspond à une diminution de densité, par dissolution, du barrage superficiel.

Sur une surface d'acide oléique équilibrant une goutte plate de ce corps, il suffit de piquer un certain nombre de fois la lame mince avec une aiguille graissée d'acide oléique pour voir la goutte plate s'arrondir en calotte, la pellicule ayant été serrée par les gouttelettes abandonnées par l'aiguille. De même, une goutte d'huile de lard, de colza, de lin, s'étale, refoule la lame mince et force la goutte plate d'acide oléique à s'arrondir en calotte. Une goutte de solution à 1 pour 100 d'acide stéarique dans l'huile minérale non saturée rejette des plages solides d'acide stéarique dont les molécules coincées repoussent les molécules liquides.

Enfin le degré de saturation d'une molécule ne semble pas avoir d'action notable à côté du rôle prépondérant du caractère solide. C'est ainsi que l'acide élaïdique dissous dans l'huile minérale au lieu de l'acide stéarique dégage, dans les mêmes essais que ci-dessus, des îlots solides refoulant la pellicule liquide.

Ces faits expliquent aussi le mécanisme de la formation des figures de cohésion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la polarisation sur les effets photovoltaïques. Mécanisme du phénomène.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note [1] précédente j'ai exposé un ensemble de résultats relatifs à l'action de la lumière sur les électrodes; l'influence de la polarisation accidentelle m'a conduit à étudier systématiquement l'importance de ce facteur, en créant entre la lame étudiée et l'électrolyte des différences de potentiel de sens et d'intensité variables.

A cette fin, j'ai utilisé un dispositif permettant de faire varier la tension entre le métal et le liquide tout en maintenant au même potentiel les deux électrodes de la cellule, ce qui est indispensable si l'on veut étudier l'influence de polarisations notables.

Deux potentiomètres alimentés par des sources différentes permettent d'établir entre chaque électrode de la pile photovoltaïque et deux électrodes auxiliaires plongées dans l'électrolyte des différences de potentiel de sens et d'intensité variables; en déplaçant l'un des curseurs il est possible de maintenir au même potentiel les électrodes de la cellule quel que soit l'état de polarisation de la lame éclairée.

Les résultats obtenus dans ces conditions sont les suivants :

Pour les métaux fonctionnant comme anode sous l'action de la lumière (platine, cuivre et mercure) une polarisation positive de l'électrode éclairée diminue l'intensité de l'effet photovoltaïque, tandis qu'une polarisation négative l'accroît.

Pour les métaux fonctionnant comme cathode sous l'action de la lumière (or et argent), une polarisation positive augmente l'effet, tandis qu'une polarisation négative le diminue.

Dans tous les cas, l'effet de la polarisation augmente avec cette dernière.

Pour une intensité suffisante de la polarisation, l'inversion de celle-ci change le sens de la force électromotrice créée par la lumière : quels que soient l'électrolyte et le métal, la lame éclairée fonctionne toujours comme cathode quand elle est polarisée positivement et toujours comme anode quand elle est polarisée négativement. Il existe donc, pour chaque métal, un potentiel critique de l'électrode pour lequel l'effet photovoltaïque

(1) René Audubert, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 818.

est nul; ce potentiel critique est positif pour le platine, le cuivre et le mercure, négatif pour l'or et l'argent. L'instabilité du phénomène, particulièrement gênante quand la tension entre l'électrode principale et l'électrode auxiliaire devient voisine de la tension de décomposition de l'électrolyte, rend les déterminations difficiles. Il est cependant possible de vérifier que la courbe représentant la variation du courant photovoltaïque en fonction de la polarisation de la lame éclairée rappelle, par sa forme, la caractéristique d'une lampe à trois électrodes, à cette différence près qu'elle possède une portion au-dessous de l'axe des tensions; l'abscisse du point d'ordonnée nulle représente la valeur de la tension critique.

Les faits précédents permettent de concevoir le mécanisme suivant lequel la lumière doit agir sur les électrodes de métaux purs. L'influence particulièrement nette de la polarisation conduit à penser que c'est par processus photo-électrique que ces forces électromotrices photovoltaïques apparaissent. Supposons, en effet, que la lumière en frappant le métal détache un électron de la partie superficielle du réseau cristallin; si la différence de potentiel entre le liquide et l'électrode est telle que cette dernière soit positive, le champ correspondant s'oppose au départ du corpuscule et ce dernier ne peut quitter l'électrode que si son énergie cinétique $\frac{1}{2}mv^2$ est supérieure à Ve, V étant la différence de potentiel et e la charge élémentaire. La différence de potentiel critique pour laquelle l'effet photovoltaïque est nul est donnée par $\frac{1}{2}mv^2 = Ve$; pour des valeurs supérieures à cette dernière, c'est l'ion correspondant du réseau qui, sous l'action des forces électrostatiques et de la tension de dissolution, abandonne la surface du métal. Dans le cas d'une électrode polarisée négativement, la différence de potentiel est, au contraire, favorable au départ de l'électron.

Comme l'expérience le montre, pour des tensions de polarisation élevées, une inversion doit entraîner un changement de sens de l'effet.

Si l'on admet cette interprétation des faits, il est facile de se représenter le mécanisme de formation du courant sous l'action de la lumière : les électrons libérés, immédiatement captés par les cations de la couche de passage déchargent ces derniers; cette perte en cations dans le voisinage immédiat de l'électrode est compensée par la diffusion grâce à laquelle un régime permanent est rapidement atteint. De même, dans le cas d'une émission d'ions par le métal, un équilibre dynamique s'établit par suite des différences de concentrations ioniques.

En définitive, si l'on veut exprimer ces phénomènes dans le langage de la théorie de Nernst, on peut dire que la lumière agit sur les électrodes en modifiant la tension de dissolution des métaux, avec une intensité et un sens liés à l'état de polarisation de la lame.

HYDROLOGIE. — *Radioactivité des eaux minérales d'Algérie.* Note de MM. **I. Pouget** et **D. Chouchak**, présentée par M. Charles Moureu.

Les eaux minérales d'Algérie n'avaient pas, jusqu'ici, été étudiées au point de vue de leur radioactivité : nous nous sommes proposé de combler cette lacune. Actuellement, nous avons examiné presque toutes les eaux minérales des départements d'Alger et d'Oran. Bien que certaines sources minérales ne soient que faiblement radioactives, il nous a paru nécessaire, pour éviter à d'autres chercheurs des déplacements peu fructueux en résultats, d'énumérer toutes celles que nous avons examinées.

I. *Eaux sulfatées calciques et sodiques.* — Hammam Rhira (Alger). On utilise dans cette station neuf sources dont les températures sont comprises entre 41° et 66° : la source n° 8 (41°,3) a une radioactivité de 1,11 millimicrocurie par litre; la source n° 8 *bis* (46°,3) a une radioactivité de 1,06 et la source n° 9 (48°,2) de 1,62. La radioactivité des autres sources est beaucoup plus faible, elle varie de 0,06 à 0,67 millimicrocurie.

II. *Eaux sulfatées chlorurées sodiques.* — Les eaux d'Hammam Melouane (Alger) ne sont pas radioactives (0,02 m. m. c.); celles d'Hammam Ouled Khaled (près Saïda, Oran) le sont peu (0,8).

III. *Eaux chlorurées sodiques.* — Beaucoup de sources appartiennent à ce groupe. Une seule est fortement radioactive : c'est celle des Bains de la Reine, près d'Oran, qui a 13,1 millimicrocuries et une température de 50°. Une partie de l'eau est refroidie dans des bassins ouverts, l'eau chaude est elle-même envoyée dans un bassin d'où elle coule par gravitation dans les baignoires. La majeure partie de l'émanation se perd dans ces opérations : le mélange d'eau chaude et froide, dans les baignoires, à 38°, n'a plus que 3,4 m. m. c. L'air des cabines de bains a une radioactivité de 0,05 m. m. c. par litre. La radioactivité est due à l'émanation du radium.

Les autres sources que nous avons examinées sont celles : de Beni Hindel (Alger), quatre sources, de 0,20 à 0,33; de Pta Melah Had (Alger), 0,05; de Sidi Yahia (Constantine), 0,94; de Hammam Lillal (Constantine), deux sources à 0,16 et 0,20; Acif el Hammam (Constantine), 0,25; Aïn

Madagre (Oran), 0,92; Hammam Razelli (Alger), 0,1; Hammam Sidi Cheik ou H. Chigel (Oran), 0,8; Hammam Sidi bel Kheir (Oran), 1,55; Hammam Sidi Abdallah (Oran), 0,05; Aïn Merdja (Oran), 0,48; Saint Roch (Oran), 0,18; source du Vieux Ténès (Alger), 0,0; Aïn Melah (Pointe Rouge, Alger), 0,65.

IV. *Eaux sulfureuses.* — Elles sont peu radioactives; Tafrente ou Aïn Sidi Ahmed (Alger), 0,0; Aïn el Hammam (Berrouhgaia, Alger), trois sources à 0,06; 0,21; 0,25; Aïn el Mekeberta (Renault, Alger), 0,1; Noisy les Bains (Oran), 0,12; Aïn Keberta (Oran), 0,21.

V. *Eaux bicarbonatées.* — Les eaux bicarbonatées chaudes de Hammam Bou Hadjar et de Bou Hanifia, dans le département d'Oran, sont particulièrement intéressantes, par leur radioactivité et leur débit considérable.

A Hammam Bou Hadjar trois sources sur treize, dont le débit est important, sont radioactives; ce sont : la Source Louise n° 2 qui a 44°,1 et une radioactivité de 22,8 millimicrocuries; la source Adèle, n° 3, a 39° et 11,85 m. m. c.; la source n° 10 a 25° et 2,8 m. m. c. Pour les autres sources la radioactivité varie de 0 à 0,8. La radioactivité est due à l'émanation du radium.

A Bou Hanifia, sur huit sources, quatre sont notablement radioactives : l'eau des bains, prise au griffon ou au robinet des bains (elle y est amenée par une conduite fermée) a une radioactivité de 3 m. m. c. et une température de 66°,3; après refroidissement dans des bassins ouverts, elle n'est plus radioactive. La source dite turque des femmes a une température de 51°,9 et une radioactivité de 14,1 m. m. c., tandis que la source turque des hommes n'est pas radioactive. La source du Pont (en aval), dite eau de la source et utilisée en boisson, a une température de 52° et une radioactivité de 27,0 m. m. c. La source du Pont (en amont), dite de l'abattoir, a une température de 43° et une radioactivité de 25,6 m. m. c. La source de la Rivière, au-dessous de l'Hôtel de Vichy, a 56°,5 de température et 8,3 m. m. c.; celle de l'Hôtel de Vichy a 55° et 1,3 m. m. c.; celle du Palmier a 66°,5 et 0,14 m. m. c. La radioactivité est due à l'émanation du radium; on trouve, en outre, dans les sources du Pont et du Palmier, les produits de la décomposition de l'émanation du thorium.

La source de la Grotte aux Pigeons, à 7^{km} de Bou Hanifia, est faiblement radioactive : 0,04 m. m. c.; sa température est de 46° environ.

Les sources bicarbonatées froides de Ben Haroun (Palestro, Alger), d'Amerouchen (El Kseur, Constantine), de Tha Tahammam (Maillot, Alger), ne sont pas sensiblement radioactives.

Les eaux thermales simples de Hammam Bou Ghrara (Oran) sont très faiblement radioactives : trois sources de 0,3 à 0,6 m. m. c.

En dehors des sources minérales proprement dites que nous venons d'énumérer, nous avons aussi examiné des sources ordinaires émergeant de formations géologiques diverses (on a fait en tout 172 déterminations) :

Dans les terrains azoïques on rencontre assez souvent des eaux radioactives; les maximums de radioactivité se trouvent au voisinage de filons de roches éruptives (granulite, pegmatite, liparite).

Dans les terrains de formation plus récente, la radioactivité ne devient appréciable ou forte que pour les eaux qui viennent à la surface par des failles ou des fractures, ou au voisinage de roches éruptives (ophite, andésite, labradorite, ryolite).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dispositif d'électrolyse par potentiels gradués.* Note [1] de M. **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

En électrolyse chaque métal se dépose à la cathode, quand il existe entre l'électrode et le liquide qui la baigne une différence de potentiel déterminée, dite tension électrique à la cathode. Cette tension n'est pas absolument fixe et dépend dans une certaine mesure de la concentration ionique de l'élément considéré. On conçoit qu'en faisant convenablement varier cette tension, on puisse déposer d'abord un métal, puis un second et même plusieurs autres. Dans quelques cas assez rares l'opération peut être conduite en observant et en réglant la différence de potentiel entre l'anode et la cathode, mais le plus souvent par suite des faibles différences que présentent les tensions électriques des divers métaux, il est nécessaire de dissocier les phénomènes ayant lieu à la cathode de ceux qui se produisent à l'anode et il devient indispensable de contrôler la différence de potentiel cathode-électrolyte.

Pratiquement, on forme une pile constituée par la cathode, l'électrolyte et une électrode auxiliaire convenable. La différence de potentiel aux bornes de cette pile porte le nom de *potentiel auxiliaire*. Ce sont ses variations qu'on suit pour effectuer des séparations quantitatives. Cette méthode d'analyse dite par potentiels gradués est connue depuis longtemps et a fait l'objet de nombreux travaux dus spécialement à Sand [2] et à A. Fischer [3]. L'élec-

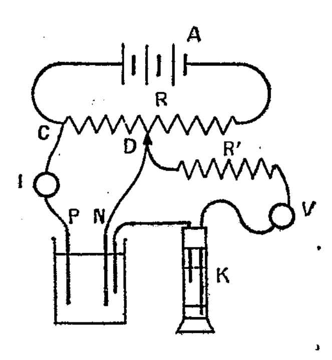
[1] Séance du 19 novembre 1923.

[2] *J. of. Chem. Soc.*, 1907, Trans. 1, p. 385, et 1908, Trans. 2, p. 1572.

[3] *Electroanalytische Schnellmethoden*, Stuttgart, 1908.

trode auxiliaire employée est l'électrode au calomel N et la mesure de la force électromotrice est faite par la méthode de Poggendorf au moyen d'un potentiomètre. Si intéressants que soient les résultats obtenus par les différents auteurs qui ont étudié la question, l'emploi de cette méthode ne s'est pas répandu par suite de la complication de l'appareillage nécessaire. Ayant repris l'étude de ces séparations, dont l'intérêt peut être considérable, je me suis attaché à simplifier les opérations de façon à les rendre praticables dans n'importe quel laboratoire. J'ai renoncé à la mesure potentiométrique et l'ai remplacée par l'observation directe de la différence de potentiel aux bornes de la pile à l'aide d'un voltmètre sensible.

Le dispositif est représenté par la figure ci-dessous : la batterie d'électrolyse A débite sur un rhéostat R. Le courant d'électrolyse est pris sur ce rhéostat en CD, l'ampèremètre I indique sa valeur. Le circuit de mesure électrométrique est formé par la cathode, la résistance R' (25000 ohms) le millivoltmètre V, l'électrode auxiliaire K et l'électrolyte. Le potentiel auxiliaire est ici la différence de potentiel aux bornes d'une pile qui n'est plus en circuit ouvert, mais qui débite; sa valeur est donc changée, ce qui n'a d'ailleurs aucune importance pour les opérations analytiques. J'ai renoncé à l'emploi de l'électrode au calomel avec laquelle il y a toujours à craindre diffusion



de sel mercureux dans l'électrolyte, et j'emploie une électrode mercure-solution de chlorure de potassium ou de nitrate de potassium suivant le cas. Pour ce genre de travail, il est nécessaire d'agiter l'électrolyte. J'emploie l'appareil Kling et Lassieur avec deux électrodes concentriques de forme cylindrique, en toile de platine, l'anode étant rotative.

Pour que les valeurs du potentiel auxiliaire que je donnerai par la suite aient une signification, il convient de ne pas modifier très sensiblement les dimensions des électrodes qui seront indiquées en temps utile. Quant à la résistance du circuit de mesure électrométrique, elle peut varier de quelques centaines d'ohms, ce qui permet d'employer des galvanomètres différents,

la résistance de 25000 ohms jouant le rôle de volant rendant négligeables des variations assez importantes de la résistance du voltmètre.

Pour effectuer les dépôts on procédera ainsi : l'agitateur étant mis en marche on ferme le circuit d'électrolyse, en employant un courant à bas voltage, résultat obtenu en poussant le curseur D au voisinage de C. Le millivoltmètre dévie. On éloigne le curseur D de l'extrémité C du rhéostat, jusqu'au moment où a lieu le dépôt du métal à déterminer. A ce moment, le millivoltmètre indique le potentiel auxiliaire convenable, pour le dosage que l'on effectue. On s'efforce désormais de ne pas laisser monter le potentiel auxiliaire et on le maintient fixe en réduisant suivant les besoins, le courant d'électrolyse par manœuvre du curseur D. Pour déposer $0^g,5$ d'un métal, on débute généralement avec un courant de 2 à 3 ampères qui, au bout de 5 à 6 minutes, doit être réduit considérablement, on finit le plus souvent avec 0,1 ampère, au bout d'une vingtaine de minutes.

Après un premier dépôt il est loisible d'en effectuer d'autres à des potentiels auxiliaires plus élevés et déterminés par l'expérience. En vue d'une plus grande simplification, j'ai essayé de remplacer l'électrode auxiliaire à liquide par un fil de platine, les résultats furent mauvais.

J'ai employé l'appareil dont je viens d'indiquer brièvement le principe à toute une série de travaux. J'ai pu notamment réaliser une séparation du bismuth d'avec le cuivre, problème qui jusqu'ici n'avait pas reçu de solution générale satisfaisante par voie purement électrolytique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelle réaction génératrice du strontium.* Note de M. **Camille Matignon**.

J'ai indiqué comme nouvelle méthode de préparation du baryum la décomposition de la baryte par le silicium effectuée dans le vide aux environs de 1200° [1]. Dans ces conditions, le baryum distille assez rapidement et peut être ainsi préparé facilement à l'aide d'une réaction fortement endothermique.

Le même élément silicium ne pourrait-il pas effectuer une substitution semblable dans la strontiane malgré l'excès de $13^{Cal},6$ présenté par la chaleur de formation de cette base vis-à-vis la chaleur de formation de la baryte. En réalité, MM. Guntz et Benoit [2], dans un travail récent paru depuis le début de ces recherches, ont réduit cette différence à $7^{Cal},8$, quantité qui

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1157.
[2] *Annales de Chimie*, 1923, p. 5.

n'est cependant pas négligeable, eu égard à la forte endothermicité de la réaction génératrice du baryum.

J'ai calculé le rapport des pressions d'équilibre du baryum et du strontium dans les deux systèmes semblables :

$$\frac{3}{2}\,BaO + \frac{1}{2}\,Si \rightleftharpoons \frac{1}{2}\,SiO^2\,BaO + Ba_{vap} - Q_1,$$

$$\frac{3}{2}\,SrO + \frac{1}{2}\,Si \rightleftharpoons \frac{1}{2}\,SiO^2\,SrO + Sr_{vap} - Q_2.$$

En admettant même chaleur de vaporisation pour le baryum et le strontium, même chaleur de formation des silicates de baryum et de strontium à partir des anhydres basiques et acide, la formule

$$\log\frac{p_1}{p_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{4{,}57\,T} = \frac{7800}{4{,}57\,T}$$

permet de calculer ce rapport. J'ai trouvé qu'aux environs de 1200°, la pression d'équilibre pour la vapeur de strontium serait environ 14 fois plus petite que celle du baryum.

On peut calculer également qu'une élévation de température de l'ordre de 175° ramènerait la pression d'équilibre du strontium à être égale à celle du baryum vers 1200°.

Ces raisonnements rendaient probable l'isolement du strontium à l'aide du silicium.

Les essais ont été effectués avec de la strontiane commerciale et de la strontiane préparée par calcination du nitrate pur dans un vase en porcelaine, c'est-à-dire avec un produit ne comportant comme impuretés que la silice et l'alumine.

Le silicium utilisé est un silicium commercial préparé au four électrique et contenant 3 pour 100 de fer et 0,6 pour 100 de silice. On le pulvérise finement et le mélange avec la strontiane dans la proportion de 20 parties de strontiane pour 2,5 parties de silicium. Ce mélange est comprimé en petites pastilles.

L'opération est conduite dans un tube en fer chauffé dans le vide de telle sorte que les vapeurs de strontium dégagées dans la partie la plus chaude viennent se condenser dans les régions à température moins élevée,

L'expérience montre que la réaction est possible, mais qu'elle est beaucoup plus lente qu'avec le baryum, comme le laissaient prévoir les calculs précédents.

Par exemple, en opérant dans un petit tube en fer de 17^{mm} de diamètre

contenant 12^g du mélange réactionnel, on obtient, après 3 heures de chauffe à 1250°, $2^g,1$ de métal, soit seulement $0^g,7$ par heure.

Le traitement de la strontiane purifiée fournit un métal pur, car le silicium fondu au four électrique ne contient pas d'impuretés volatiles et la silice et l'alumine qui peuvent souiller la strontiane n'interviennent pas dans la réaction.

On peut remplacer dans cette opération le silicium commercial par un ferrosilicium riche, la présence d'un peu de siliciure de fer ne pouvant gêner la réaction. On utilise ainsi une matière première moins coûteuse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de certaines cétones en présence du noir de platine pur ou impur.* Note de M. **Faillebin**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré précédemment [1], que lors de l'hydrogénation des aldéhydes et des cétones en présence de noir de platine, les rendements en alcools correspondants sont améliorés par l'emploi de platine contenant du fer. Au contraire, en présence du noir de platine pur, le stade alcool est souvent dépassé avec formation du carbure correspondant.

Ce phénomène est, en particulier, d'une extrême netteté avec l'acétylacétate d'éthyle. Si l'on hydrogène cette cétone soit seule, soit en solution dans l'éther ou l'hexane normal, avec du platine pur, on obtient presque exclusivement du butyrate d'éthyle, alors que l'emploi du platine contenant du fer conduit seulement à un alcool secondaire, le β-oxybutyrate d'éthyle.

On détermine la composition du mélange résultant de l'hydrogénation en le fractionnant; en outre, la quantité d'hydrogène fixé fournit une indication. Le butyrate d'éthyle qui passe en tête est recueilli dans un mélange réfrigérant, vient ensuite l'acétylacétate d'éthyle qui distille sous sa forme énolique à 47° sous 12^{mm}. Il reste enfin l'oxybutyrate d'éthyle volatil à 76° sous cette pression. Voici le résultat d'une expérience sans solvant: après fixation de $8^l,5$ d'hydrogène en présence de platine pur, sur 29^g d'acétylacétate, on recueille par essorage 22^g de produit dont 15^g de butyrate d'éthyle pur. Plus de 80 pour 100 de l'hydrogène ont été employés à cette transformation. Le reste a servi à faire de l'oxybutyrate d'éthyle dont on recueille environ 4^g. Or, en présence de platine-fer dans la fixation de $4^l,7$ d'hydrogène sur 32^g d'acétylacétate d'éthyle, il ne se forme pas de butyrate d'éthyle en quantité mesurable.

La formation du butyrate d'éthyle n'a pas été précédée par celle du β-oxybutyrate d'éthyle, lequel se serait hydrogéné ensuite.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1077.

En effet, j'ai vérifié que le β-oxybutyrate d'éthyle ne fixe pas l'hydrogène en présence d'un platine pur qui permettait l'hydrogénation de l'acétylacétate pour donner le butyrate d'éthyle. Ainsi les hydrogénations de l'acétylacétate d'éthyle, et en général (et pour la même raison) d'aldéhydes ou de cétones en présence de platine pur ou de platine-fer constituent deux opérations distinctes.

Le phénomène est du même ordre si l'on remplace dans la préparation du noir de platine le chlorure ferrique par le chlorure d'aluminium. Pour l'acétylacétate d'éthyle et pour l'aldéhyde benzoïque, on a exactement le même phénomène; pour certaines cétones telles que l'anisyl-4-butanone-2 le rendement en alcool est encore de 50 pour 100, alors qu'avec le platine pur il est sensiblement nul. J'ai enfin préparé du noir de platine en présence de silice colloïdale par addition à l'acide chloroplatinique d'une solution chlorhydrique de silicate de soude. Un tel platine donne encore à partir de l'acétylacétate d'éthyle en grosse majorité l'alcool correspondant, mais dans le cas des aldéhydes et des cétones en général l'effet est faible, le platine se comporte alors comme du platine pur.

La netteté du phénomène pour l'acétylacétate d'éthyle peut être rapprochée de l'existence des deux formes desmotropiques de cette cétone. Si l'on admettait à priorité l'influence isomérisante des impuretés renfermées dans le noir de platine employé, on pourrait penser que la forme énolique donnerait l'alcool secondaire, tandis que la forme cétonique donnerait, par arrachement de l'atome d'oxygène, le butyrate d'éthyle.

S'il en était ainsi, l'énol devrait, hydrogéné en présence de platine pur, donner l'oxybutyrate d'éthyle. J'ai préparé la forme énolique de l'acétylacétate d'éthyle suivant les indications de K. Meyer (¹). Son hydrogénation en présence de platine pur fournit le même résultat que l'hydrogénation de la forme cétonique; j'avais d'ailleurs vérifié que le platine seul n'isomérisait pas l'énol.

Pour l'acétylacétone les résultats sont pareils. Son hydrogénation en présence de platine-fer donne la cétone alcool secondaire et le glycol correspondants; au contraire, en présence de platine pur, il ne se fait à peu près que du pentane et de la méthyl-*n*-propylétone. Si l'on remarque que d'après les mesures de K. Meyer (²) il y a dans l'acétylacétone 80 pour 100 d'énol, nous sommes en droit de dire que : dans l'hy-

(¹) *Ber.*, t. 54, 1921, p. 579.
(²) *Ann. Chemie*, 1911, p. 242, 380.

drogénation, en présence de noir de platine, les formes énoliques donnent les mêmes produits d'hydrogénation que les formes cétoniques. Cela est confirmé par le fait que l'acétylacétate d'éthyle en solution dans l'éther (27 pour 100 d'énol), dans l'hexane (42 pour 100), donne les mêmes résultats que la forme cétonique pure.

Par quel mécanisme le platine-fer donne-t-il un alcool là où le platine pur donne le carbure correspondant? Carothers et Adam [1] ont proposé une explication difficilement conciliable avec le fait que l'aluminium jouit ici de la même propriété que le fer au degré près; j'aurai l'occasion de revenir sur cette question. Une explication possible était que l'acétylacétate ou l'acétylacétone fournissent avec l'hydrate métallique correspondant des dérivés métalliques s'hydrogénant en alcoolates. Or les acétylacétonates de fer, d'aluminium, le dérivé cuprique de l'acétylacétate d'éthyle ne s'hydrogènent pas par le platine pur.

Pour que le produit d'hydrogénation contienne un oxhydrile, il semble nécessaire que le groupe $C = O$ ou $= C(OH)$ — soit stabilisé par l'hydrate métallique, cette stabilisation n'allant pas jusqu'à la formation du dérivé métallique puisque celui-ci une fois formé ne s'hydrogène plus. Au contraire, en présence de platine pur, l'hydrogène pénétrant dans la molécule donne des produits dépendant uniquement de la stabilité de la cétone et du potentiel de l'hydrogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du xanthydrol sur la semicarbazide, les semicarbazides substituées, les semicarbazones et la benzoylhydrazine*. Note [2] de M. **A. Doucet**, présentée par M. Ch. Moureu.

En faisant réagir à froid le xanthydrol sur la semicarbazide, M. Fosse [3] a obtenu un dérivé monoxanthylé fondant vers 170°-171° et dont il donne seulement la formule brute $C^{14}H^{13}O^2N^3$.

Ce composé existe, en effet, mais il n'est pas le seul qui puisse se former quand on fait réagir le xanthydrol sur la semicarbazide. Nous avons trouvé qu'en présence de deux molécules de xanthydrol la molécule de semicarbazide réagit pour donner un dérivé dixanthylé de formule brute $C^{27}H^{21}O^3N^3$,

---

(1) *J. Ann. Ch. Soc.*, 1923, p. 1071.
(2) Séance du 19 novembre 1923.
(3) *Bull. Soc. ch.*, t. 35, 1906, p. 1005.

fusible à 184°-185° et ayant des propriétés différentes du dérivé monoxanthylé.

Nous avons déterminé dans quelles conditions se forment ces deux corps.

En présence d'une molécule au plus de xanthydrol, la semicarbazide donne à froid un dérivé monoxanthylé.

En présence de deux molécules au moins de xanthydrol, elle donne à froid un dérivé dixanthylé.

Si la quantité de xanthydrol réagissant sur une molécule de semicarbazide est comprise entre une et deux molécules, on obtient un mélange des deux dérivés xanthylés.

On opère en milieu alcool absolu additionné d'acide acétique.

Où se fixe le xanthydrol? C'est le problème que nous avons essayé de résoudre dans la seconde partie de ce travail.

A cet effet, nous avons étudié l'action du xanthydrol sur les semicarbazides substituées, les semicarbazones et la benzoylhydrazine.

La semicarbazide $\underset{(1)}{NH^2} - \underset{(2)}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{NH^2}$ possède une fonction hydrazine et une fonction amide. Quand la fonction hydrazine se trouve bloquée en position (1), dans les semicarbazones, par exemple, on obtient seulement un dérivé monoxanthylé.

Nous avons obtenu ainsi les monoxanthylsemicarbazones de l'aldéhyde benzoïque (f. : 227°-228°) et de l'acétone (f. : 213°-214°).

Inversement, nous avons obtenu ces mêmes corps en faisant réagir à chaud et en milieu acétoalcoolique la monoxanthylsemicarbazide sur l'aldéhyde benzoïque et sur l'acétone.

Nous en concluons que la monoxanthylsemicarbazide a pour formule

$$\underset{1}{NH^2} - \underset{2}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{NH} - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O,$$

la fonction hydrazine étant restée libre et susceptible de se combiner avec les aldéhydes ou les cétones pour donner des xanthylsemicarbazones de formule générale

$$R - CH = N - NH - CO - NH - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O$$

et

$$\begin{matrix} R' \\ R \end{matrix}\rangle C = N - NH - CO - NH - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O.$$

Où se fixe la seconde molécule de xanthydrol pour donner un dérivé dixanthylé de la semicarbazide?

On doit tout d'abord écarter l'hypothèse d'une fixation sur le NH en position (4). Adriani a montré en effet ([1]) que jamais plus d'un atome d'H d'un groupe NH^2 n'est substitué par le groupe xanthyle. Il ne reste donc que le groupe $NH - NH^2$ relié à CO qui puisse entrer en réaction. C'est ce qui a lieu quand on fait réagir le xanthydrol sur des corps dont la fonction hydrazine est seule libre. Nous avons obtenu ainsi avec la benzoylhydrazine

$$C^6H^5CO - NH - NH^2$$

la monoxanthylbenzoylhydrazine (f. : 178°-179°); avec la phénylsemicarbazide (4)

$$\underset{1}{NH^2} - \underset{2}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{NH}C^6H^5$$

la monoxanthylphénylsemicarbazide (4) (f. : 210°-211°); avec la diphénylsemicarbazide (4-4')

$$\underset{1}{NH^2} - \underset{2}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{N}\begin{cases} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{cases}$$

la monoxanthyldiphénylsemicarbazide (4-4') (f. : 153°-154°).

Comme les semicarbazones dont l'azote en (1) est bloqué ne donnent que des dérivés monoxanthylés en position (4), le NH en position (2) ne réagit pas et la seconde molécule de xanthydrol se fixe en position (1), ce qui donne à la dixanthylsemicarbazide la formule suivante :

$$O\begin{cases} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{cases}CH - \underset{1}{NH} - \underset{2}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{NH} - CH\begin{cases} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{cases}O.$$

Il semble également que lorsqu'un atome d'hydrogène du NH^2 en position (1) de la semicarbazide est substitué par le groupe phényle, le NH restant peut réagir avec le xanthydrol. Nous avons obtenu en effet avec la phénylsemicarbazide (1)

$$C^6H^5 - \underset{1}{NH} - \underset{2}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{NH^2}$$

un dérivé monoxanthylé fusible à 160°-161° et un dérivé dixanthylé fusible à 184°-185°. De plus, avec la diphénylsemicarbazide (1-4)

$$C^6H^5 - \underset{1}{NH} - \underset{2}{NH} - \underset{3}{CO} - \underset{4}{NH} - C^6H^5,$$

nous avons obtenu un dérivé monoxanthylé fusible à 171°-172°.

([1]) *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, t. 35, p. 180.

Conclusions. — Le xanthydrol réagit sur la semicarbazide en se fixant d'abord sur l'azote en position (4) pour donner un dérivé monoxanthylé, puis sur l'azote en position (1) pour donner un dérivé dixanthylé, même si l'azote en position (1) est substitué par un radical phényle.

On obtient des monoxanthylsemicarbazones, soit par action du xanthydrol sur les semicarbazones, soit par action des aldéhydes ou cétones sur la monoxanthylsemicarbazide.

Il est intéressant de noter qu'alors que les hydrazines ne réagissent pas avec le xanthydrol, les fonctions hydrazines de la semicarbazide et de la benzoylhydrazine réagissent, grâce à la proximité du carboxyle ([1]).

MINÉRALOGIE. — *Sur les propriétés optiques du graphite et de l'oxyde graphitique.* Note de M. P. GAUBERT.

Le graphite a toujours été considéré comme un corps absolument opaque. On peut cependant obtenir des lamelles de clivage, suffisamment minces pour être transparentes, en opérant de la manière suivante : Des cristaux lamellaires de graphite aplatis suivant la base a^1 (graphite de Madagascar, du Canada, de Ceylan, etc.) sont placés entre deux lames de verre porte-objet, frottées l'une contre l'autre, toujours dans le même sens, en appuyant fortement. Il se produit sur les deux plaques des traits très brillants qui, examinés au microscope, montrent par place des lamelles de clivage plus ou moins transparentes suivant leur épaisseur et de couleur gris verdâtre. Les plus grandes n'ont pas plus de $0^{mm},3$ de côté, et leur épaisseur, mesurée directement au microscope, peut être comprise entre $0^{\mu},2$ et 2^{μ} environ.

Ces lamelles de clivage s'obtiennent beaucoup plus facilement en opérant de la même manière avec les colonnes vermiculaires produites par le foisonnement et, en particulier, par celles provenant de beaux cristaux comme ceux d'Ambohimara (Madagascar). Il semble même que ces lamelles sont un peu plus transparentes, à épaisseur égale, que celles du graphite qui n'a pas foisonné.

Ces lames de clivage restent toujours éteintes entre les nicols croisés; en lumière convergente, les plus épaisses, quand elles sont suffisamment trans-

---

([1]) De plus amples détails sur les conditions opératoires et les résultats analytiques seront donnés dans un autre Recueil.

parentes, montrent une croix noire dont les bras sont un peu flous, mais sans anneaux colorés, à cause de leur trop faible épaisseur; on peut cependant constater que le cristal est optiquement négatif.

La détermination des indices de réfraction n'est pas facile à cause de la minceur des lamelles et surtout parce qu'il n'existe pas de liquide incolore, d'un emploi facile, dont les indices soient supérieurs à celui du soufre fondu. J'ai pu seulement constater que les indices du graphite sont compris entre celui du soufre fondu (1,93) et celui du phosphore fondu (2,07); par conséquent, ils sont beaucoup plus faibles que ceux donnés par O. H. Wartenberg (2,98) et C. Zakrzewski (3,04) pour les radiations jaunes.

Aux propriétés optiques du graphite, peuvent être rattachées celles de l'oxyde graphitique. Brodie, Berthelot, Moissan, Weinschenk, etc., ont admis que ce dernier corps est cristallin, alors que Standenmaier et dernièrement Kohlschütter et Haenni, le considèrent comme amorphe, la biréfringence des lamelles étant accidentelle et due à l'adsorption comme dans le cas des plaques de gélatine. Weinschenk a déjà constaté que les lames d'oxyde graphitique sont parfois très biréfringentes, optiquement uniaxes et négatives. J'ai observé que ce fait est exact, non seulement pour toutes les lamelles d'oxyde graphitique, mais aussi pour tous les composés intermédiaires entre ce corps et le graphite. Le produit vert émeraude se prête facilement à l'étude. J'ai pu l'obtenir très facilement en traitant, dans un bocal bouché à l'émeri, le produit intact du foisonnement du graphite par le mélange de Brodie (acide azotique fumant et chlorate de potasse). La réaction se fait à la température ordinaire et très rapidement, aussi ai-je pu suivre au microscope la transformation du graphite en attaquant entre deux lames de verre les lamelles de clivage obtenues par le procédé indiqué plus haut. Toutes ces lamelles sont perpendiculaires à un axe optique et sont optiquement négatives; leur biréfringence paraît être plus élevée que celle de la lamelle primitive de graphite, en effet, pour une lame déterminée, la croix noire est plus nette avec la modification verte qu'avec le graphite pur. On observe parfois des plages dont les bords se montrent biréfringents en lumière parallèle, alors que le reste de la lame est éteint, cela tient simplement à ce que les bords de cette dernière se sont plus ou moins repliés.

Les lames parallèles à l'axe optique sont très polychroïques (vert foncé suivant n_g et presque incolore suivant n_p). On les obtient en écrasant entre deux plaques de verre les masses vermiformes de graphite ayant subi le foisonnement. Parfois ces dernières sont penniformes, droites ou plus ou

moins courbes, elles sont formées par des fibres parallèles à la direction n_g. Les graphites fibreux de quelques localités, convenablement traités, donnent de l'oxyde graphitique vert et sont alors très polychroïques, et très biréfringents, avec un allongement optiquement positif [1].

Cet oxyde graphitique vert est stable tant qu'il contient une petite quantité d'acide azotique, mais une fois lavé à l'eau, il devient brun, gris ou jaunâtre. Les lamelles placées sur une lame de verre se modifient sans que les propriétés optiques changent.

Toutes les modifications voisines de l'oxyde graphitique jaune déflagrent par la chaleur en augmentant de volume et en donnant une matière noire (acide pyrographitique), au milieu de laquelle se voient des lamelles du graphite originel transformées en oxyde graphitique et revenues à leur état primitif. En effet on peut suivre sur une lame de verre la transformation d'une plage d'oxyde graphitique en graphite. Si cette dernière est très mince, il n'y a pas de déflagration apparente et cependant on peut constater qu'elle s'est finalement transformée en graphite sans que sa forme se soit modifiée. M. Charpy a déjà montré que l'acide pyrographitique n'est que du graphite.

Les indices de réfraction de l'oxyde graphitique desséché sont compris entre 1,93 et 2.

Les propriétés optiques de l'oxyde graphitique et de tous les dérivés du graphite étant les mêmes, on est amené à penser que ce sont celles de ce dernier corps qui persistent dans tous ses dérivés. Ce fait peut être rapproché de celui qui a déjà été constaté dans quelques minéraux. Ainsi les lames de clivage de biotite, peuvent perdre graduellement leurs composants, à l'exception de la silice et cependant elles restent toujours négatives (Fouqué). Les lames de clivage de graphite, montrent un fait plus général; en effet le phénomène est réversible, la même lame pouvant prendre certains éléments, les rejeter, les reprendre de nouveau, et ainsi de suite sans que l'orientation optique soit modifiée.

---

(1) Le graphite est probablement aussi polychroïque, mais je ne suis pas encore arrivé à obtenir des lamelles ou des fibres parallèles à l'axe optique suffisamment minces.

LITHOLOGIE. — *Contributions à la lithologie de l'Yemen; I. Roches de profondeur et roches filoniennes non différenciées (une série hololeucocrate).* Note [1] de M. **David Rotman-Roman.**

Au cours d'une expédition géohydrologique envoyée au Yemen par l'Institut géologique de Roumanie, M. G. Botez, mort depuis, a recueilli une collection de roches éruptives de la région Hodeïda-Meneka-Sanaa. L'étude lithologique d'une partie de ces roches constitue l'objet de cette Note.

Les roches de profondeur sont représentées par un *granite sodique* qui constitue à El Birar un puissant massif long de 6^{km} et occupant une surface de 15^{km^2}. C'est un granite sodique de couleur cendrée, un peu rosée, à texture porphyrique et grain moyen. Il est caractérisé parce que, à part la magnétite assez abondante, il est dépourvu d'éléments colorés. En effet cette roche est constituée seulement par des cristaux d'orthose de 5^{mm}-7^{mm}, de quartz et de magnétite constituant une masse grenue dans laquelle sont disséminés de rares cristaux porphyroïdes, presque tabulaires, d'orthose un peu plus gros (12^{mm} de diamètre). Ces cristaux porphyroïdes, en partie kaolinisés, sont faiblement perthitiques et sont entourés d'une large zone, très fraîche, de microperthite très riche en albite; elle est parfois complètement albitisée et présente des macles polysynthétiques courtes, minces et serrées, qui rappellent la *Schachbrettalbite*. Les feldspaths de dimensions plus réduites ont la même composition que ceux de la zone extérieure des phénocristaux. Le quartz, en quantité plus faible que le feldspath, est xénomorphe par rapport à celui-ci; il est laiteux, opalescent et renferme beaucoup d'inclusions de magnétite; ce même minéral forme, aussi, en association avec le quartz, des nids de 6^{mm}-7^{mm} de diamètre ou des cristaux à contours géométriques. On observe encore une petite quantité d'une dernière venue de quartz microgranitique associé à de la magnétite partiellement limonitisée.

Voici la composition chimique de ce granite (Dr N. Metta) :

---

(1) Séance du 29 octobre 1923.

SiO^2	71,10	MnO	0,53
Al^2O^3	10,08	CaO	1,32
Fe^2O^3	6,07	MgO	0,23
FeO	0,44	Na^2O	4,52
TiO^2	0,37	K^2O	0,78
P^2O^5	0,27	P. au f.	0,60
			100,31

1. Les roches filoniennes non différenciées rencontrées dans cette région sont : A. Porphyres granitiques (microgranites); B. Porphyres syénitiques (microsyénites); C. Porphyres laurvikitiques (rhombenporphyres).

A. Les filons de porphyres granitiques percent les trachytes et les trachydolérites du Djebel Boura (Obal). Caractérisées, elles aussi, par l'absence presque complète d'éléments colorés, ces roches sont compactes, finement grenues, de couleur blanche, un peu jaunâtre par suite d'altération superficielle. Elles montrent de rares cristaux d'albite, d'orthose peu microperthitique et de quartz en quantité à peu près égale à l'orthose, disséminés dans une pâte entièrement cristallisée, à structure micropegmatique, constituée par du quartz, de l'albite et de l'orthose dont les dimensions varient entre celles des phénocristaux et des dimensions microlitiques.

B. Les porphyres syénitiques alcalins affleurent dans le Djebel Hamra (Hadjela). Ils sont aussi caractérisés par l'absence totale d'éléments colorés. Ce sont des roches compactes, finement grenues, de couleur rose, dans lesquelles on distingue à l'œil nu des phénocristaux ($3^{mm} \times 1^{mm}$) de feldspath d'un rose plus clair que le reste de la roche, entourés d'une zone de feldspath plus foncé que celle-ci. Les phénocristaux (albite-oligoclase) sont altérés, maclés suivant la loi de l'albite et de Karlsbad et sont bordés par une large zone d'orthose microperthitique riche en albite; la masse qui les englobe est formée par du quartz et de l'orthose microperthitique riche en albite, à structure microgranitique. A signaler encore de rares grains d'épidote et de l'hématite en poudre fine localisée dans l'orthose microperthitique.

C. Dans le Djebel El Beid (Hadjela) des filons de porphyre laurvikitique (rhombenporphyre) percent des nappes de comendite. Ces roches sont encore caractérisées par l'absence totale d'éléments colorés autres que la magnétite qui est très abondante. Dans ces roches compactes, finement grenues, de couleur grise, sont disséminés des phénocristaux, gris rosés, de feldspath (jusqu'à 3×2^{mm}) et de la magnétite. Au microscope, la roche montre des phénocristaux d'anorthose à contours rhombiques, isolés ou

aglomérés par deux ou trois, disséminés dans une pâte holocristalline à structure trachytique (microlites d'anorthose cimentés par un peu de quartz qui remplit les espaces limités par le feldspath).

Voici l'analyse de cette roche (Dr N. Metta). Densité, 2,538 :

SiO^2	70,08	MnO	1,32
Al^2O^3	9,58	MgO	0,48
Fe^2O^3	7,22	CaO	1,26
FeO	0,28	Na^2O	6,15
TiO^2	0,10	K^2O	2,24
P^2O^5	0,73	P. au f.	0,40
			99,84

La grande quantité de magnétite rencontrée dans toutes ces roches est vraisemblablement due à la destruction de métasilicates ferrosodiques.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches éruptives des environs de Toulon (Var).* Note de M. **Albert Michel-Lévy.**

Trois types différents de roches éruptives se rencontrent dans les environs de Toulon.

Les BASALTES LABRADORIQUES de Carqueiranne, appelés autrefois mélaphyres, présentent, au premier temps de consolidation, des cristaux peu nombreux de labrador-bytownite et d'augite violacée titanifère, au deuxième temps, de fins microlites de labrador à 66 pour 100 d'anorthite, de l'augite et de la magnétite. Ils contiennent de petites enclaves de quartz, entourées de fines aiguilles d'augite du type de celles signalées par M. A. Lacroix dans certains basaltes d'Auvergne. Ils sont souvent décomposés et contiennent des minéraux secondaires, chlorite, épidote, calcite; la structure est intersertale.

L'analyse chimique (M. Raoult) a donné les paramètres (II) III.5.3(4).'5, avec 50 pour 100 d'anorthite virtuelle.

Le mode de gisement est en bancs interstratifiés dans les poudingues du Permien supérieur, riches en galets de rhyolites amarantes du type des rhyolites de l'Estérel; on discerne trois coulées superposées, les deux inférieures, épaisses, entre la Pointe Péno et la plage de Coupereau, plus minces vers le Nord-Ouest où elles réapparaissent dans les hauteurs de la Bayarde et de la Gavaresse; ces coulées sont les débris d'un appareil volcanique d'âge permien, aujourd'hui effondré en mer.

Dans leur partie supérieure, les coulées sont fluidales, scoriacées et

vacuolaires, avec vacuoles remplies de calcite et de quartz fibreux. Au centre des coulées, la roche devient finement grenue et passe à une *microdiabase*. Ce type se retrouve à Saint-Mandrier, en coulée dans le Permien, et en filons dans les schistes sériciteux du cap Sicié et dans les gneiss de l'île du Levant.

L'analyse de la lave de ce dernier gisement a donné les paramètres (II)III.5(6).3'.'5, avec 57 pour 100 d'anorthite virtuelle, qui prouvent bien la parenté des microdiabases et des basaltes labradoriques.

Les ANDÉSITES OLIGOCLASIQUES de la Garde forment à l'est de Toulon un important pointement, isolé au milieu d'une plaine d'alluvions anciennes. Elles contiennent quelques grands cristaux de plagioclases, de hornblende et d'augite, partiellement décomposés en calcite, chlorite, sphène, épidote et de nombreux microlites d'oligoclase-andésine, à 28 pour 100 d'anorthite, accompagnés d'augite.

L'analyse chimique donne les paramètres II.5.2'.4 qui correspondent bien à l'examen optique (anorthite virtuelle, 24 pour 100).

Ce pointement paraît représenter un reste de coulée reposant sur le Permien supérieur qui existe sous les alluvions; son aspect est prismé et fluidal, avec plongement de 20° vers le Nord-Est.

Les BASALTES ANDÉSITIQUES du Destrier, Evenos et Pointe Nègre montrent, au 1er temps, de l'olivine et de l'augite; au 2e temps, des microlites d'andésine à 46 pour 100 d'anorthite, de l'augite et de la magnétite.

L'analyse (Pointe-Nègre) a donné comme paramètres 'III.5'.3.4' avec 30 pour 100 d'anorthite virtuelle.

Tous leurs gisements consistent en débris d'une même coulée, issue vraisemblablement d'un filon situé au nord et très démantelée dans sa partie méridionale. Dans son trajet d'environ 14km du Nord au Sud, cette coulée repose sur des formations variées dont les plus récentes sont des conglomérats oligocènes (route de Broussan à Evenos), les plus anciennes, des chloritoschistes (batterie de Pointe-Nègre, au bord de la mer).

Ainsi, parmi les roches éruptives, d'aspect très semblable, des environs de Toulon, il faut distinguer trois types bien caractérisés au point de vue chimique et minéralogique et dont les conditions de gisement et l'âge ont pu être précisés.

Les basaltes labradoriques de Carqueiranne sont les mêmes que ceux de l'Esterel, épanchés après les rhyolites amarantes, à la fin du Permien.

Les andésites oligoclasiques de la Garde correspondent probablement à une récurrence de laves plus acides, à la fin du Permien.

Ces deux catégories de roches sont venues au jour par des fractures résultant d'effondrements épirogéniques, transversaux aux plissements hercyniens, les basaltes andésitiques par des fractures postérieures à l'Oligocène.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations des terrains cristallins et sédimentaires dans la partie occidentale de Madagascar, entre la Betsiboka et la Tsiribihina.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Suivant un schéma fort courant, le bord occidental du grand massif cristallin de Madagascar (*Bongo Lava*) forme une haute falaise au pied de laquelle est affaissée, par une grande faille à peu près continue, la zone triasique sakalave s'étendant à l'Ouest généralement jusqu'à une autre ligne de relief (*falaise du Bemaraha*) correspondant au début de la conservation de sa couverture de terrains jurassiques. Nous ne saurions d'ailleurs, pour cette zone triasique, adopter l'expression souvent employée de *vallée permo-triasique*, qui s'applique mal, à notre avis, à une région se présentant, sur une largeur habituelle de 40^{km} à 50^{km}, comme un pays de hauts plateaux là où ne s'est pas exercée l'érosion des vallées récentes. D'ailleurs le *Bongo Lava*, bord de la région cristalline, ne forme souvent lui-même une falaise élevée que dans les parties où une grande vallée récente longe ce bord et a entamé le Cristallin sur une assez grande hauteur en une falaise d'érosion qui ne présente alors aucune relation nécessaire avec l'existence d'une faille.

D'après nos observations, poursuivies sur plusieurs centaines de kilomètres, le contact par faille des terrains cristallins et de leur bordure sédimentaire est une exception. Nous ne l'avons vu se faire que suivant certains éléments orientés sensiblement du Nord au Sud et qui, dans les régions d'Ambatomainty et de Kandreho, où la direction générale du contact est toute différente, se poursuivent au Sud dans le massif cristallin lui-même. Il semble bien qu'il s'agisse là d'accidents structuraux, relativement très récents, appartenant au même système que le régime faillé de la côte Est de l'île.

Dans la grande généralité des cas, au contraire, nous avons observé *un contact stratigraphique régulier*, les plus anciennes couches sédimentaires en contact avec les terrains cristallins reposant, en discordance, sur ces der-

niers suivant une surface plus ou moins inclinée vers l'extérieur du massif ancien et constituant une première pénéplaine d'érosion nettement reconnaissable, mais déformée par les mouvements ultérieurs. La notion de l'existence d'une grande faille sensiblement continue semble d'ailleurs ne pas résulter habituellement d'une observation directe du contact et être surtout due au fait que les couches permiennes charbonneuses de Benenitra et autres localités méridionales voisines ne se retrouvent pas plus au Nord le long du contact et que même les couches triasiques inférieures d'Ankavandra à *Estheria minuta* y manquent souvent aussi. Les grès grossiers et conglomérats à galets de quartz qui sont superposés, à ces couches inférieures, là où elles existent, se montrent souvent directement au contact du Cristallin. On a admis que l'absence des couches inférieures sur la plus grande partie de la longueur du contact tient à ce qu'elles y sont affaissées au-dessous du niveau actuel du sol.

A cette notion, nos observations en bien des points nous en font substituer une autre, celle de la *transgressivité très nette des grès et conglomérats en question*, qui se sont avancés plus loin sur le massif ancien que les terrains antérieurs. Le changement total de régime dont ils témoignent ne correspond pas seulement à cette avancée, mais aussi à une grande phase de destruction torrentielle des terrains cristallins, dont les galets des éléments quartzeux les plus résistants ont été amenés dans une mer littorale, peut-être même lagunaire, par tous les cônes de déjection des torrents descendant du massif ancien en voie de démolition et étalés jusqu'à grande distance du littoral de l'époque. L'absence des termes inférieurs du Trias et aussi du Permien charbonneux le long du contact actuel tiendrait simplement à ce qu'ils ne s'étaient déposés que plus à l'Ouest et non à ce qu'ils auraient disparu par faille.

Un des résultats importants des recherches provoquées par notre mission a été la découverte, principalement due à M. Dumas, chef du service des Mines de Madagascar, dans le bassin moyen du Ranobe, d'une large surface d'affleurement des couches d'Ankavandra et du Permien charbonneux, avec épaisses coulées de roches basiques vers sa base. M. Perrier de la Bâthie avait d'ailleurs reconnu déjà, en un point de cette région, l'existence d'un lit charbonneux. Nos recherches ont démontré que cette très importante réapparition des couches de base de la série sédimentaire fort loin du bord du massif cristallin se fait suivant l'axe d'un grand anticlinal orienté WNW-ESE. Celui-ci appartient à un régime de plis, orientés suivant cette même direction, s'étendant sur les régions du Manambao et du Ranobe, ainsi que

plus au Nord, et auquel est due l'avancée du Trias avec noyaux cristallins dans la direction du cap Saint-André, en corrélation avec l'angle très marqué que fait le contour du bord du massif cristallin à l'est de Morafenobe.

Nous avons retrouvé ce régime de plis orientés transversalement à la direction générale de l'île et du massif cristallin [1] non seulement dans les couches triasiques du Ranobe et du Manambao, mais plus au Sud, jusqu'à l'extrême limite méridionale de la région que nous avons parcourue, à Miandrivazo, sur la Tsiribihina. Il est particulièrement net vers cette localité au contact du Trias et du Cristallin, qui se trouve accidenté, du fait de ces plis transverses à sa direction générale, par des avancées anticlinales du Cristallin s'ennoyant vers l'Ouest sous le Trias et, inversement, par des ondulations synclinales de la surface de base du Trias, suivant lesquelles ce dernier a été conservé plus loin vers l'Est, en des sortes de golfes actuels. Il en résulte un contour très sinueux pour la limite du Cristallin et du Trias, contrairement au tracé rectiligne qui avait été admis et qui a servi d'argument en faveur de l'existence d'une grande faille, certainement inexistante sur la plus grande partie du contact entre Miandrivazo et Ankavandra, mais se rencontrant localement au voisinage de cette dernière localité.

Ces plis, qui affectent à la fois la série permo-triasique et les couches du Jurassique et du Crétacé inférieur, peuvent être datés par le fait qu'ils sont antérieurs à une autre série stratigraphique indépendante des précédentes, d'âge Crétacé moyen. En ce qui concerne d'ailleurs la série des couches, principalement calcaires, du Lias et du Jurassique, nous avons constaté qu'elle présente une certaine indépendance stratigraphique par rapport à la très épaisse succession de grès blancs et rouges, avec alternances de marnes et argiles bariolées et parfois de gypse, qui constitue la plus grande partie du Trias et qui, d'après les trouvailles paléontologiques faites par l'un de nous au nord de Kandreho, n'empiète pas sur le Lias, contrairement à ce qui a été admis antérieurement.

Tantôt c'est le Lias dolomitique (Lias moyen), tantôt le Lias supérieur marneux et schisteux à *Bouleiceras*, parfois seulement le Jurassique supérieur coralligène, qui repose directement sur le Trias dans la région des plis du bas Manambao et du bas Ranobe, dont il a été précédemment question. Par contre, à la hauteur de Tsiandro, la série jurassique semble complète à partir du Lias moyen dolomitique jusqu'aux calcaires jurassi-

(1) L'existence de ces plis avait été antérieurement indiquée par M. Merle.

ques supérieurs à facies de Tithonique coralligène, surmontés, en parfaite concordance, dans la direction d'Antsalova, par une épaisse série, principalement marneuse et de caractère nettement bathyal, correspondant au Crétacé inférieur, qui se retrouve aussi dans la région du Manambao inférieur.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques effectuées dans le Dauphiné, la Savoie et la Bresse.* Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures m'ont été confiées par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale; elles ont été effectuées, en juillet et août 1922, dans quarante stations situées dans les départements de la Drôme, de l'Isère, de la Savoie, de la Haute-Savoie, de l'Ain et du Rhône; elles font suite à celles que j'avais exécutées en 1921 dans le sud-est de la France [1].

Moureaux avait déjà visité dix-neuf de ces stations (inscrites en italique dans le Tableau des résultats). Je me suis efforcé de retrouver les points qu'il avait occupés; j'ai dû parfois m'en éloigner de quelques kilomètres parce qu'il n'était plus possible d'y accéder ou d'y opérer à l'abri des influences des lignes de transport d'énergie électrique. Ainsi, au lieu de Grenoble, j'ai adopté « Le Louvarou », suffisamment distant des lignes de traction par courant continu. A l'Observatoire de Lyon, à Saint-Genis-Laval, j'ai pu retrouver l'emplacement de Moureaux.

Il convient de signaler une modification que j'ai apportée au mode d'observation de 1921; je déterminais alors, comme l'a fait Moureaux, par deux pointés successifs du Soleil, lunette à droite et lunette à gauche, la distance zénithale de cet astre qu'il est nécessaire de connaître pour fixer, sur le cercle horizontal, la division correspondant au Nord géographique. Ainsi, on obtient, par la moyenne des lectures des deux cercles (vertical et horizontal), la distance zénithale et l'azimut de l'astre, à un instant compris dans l'intervalle des deux visées. La précision n'est convenable que si les deux pointés sont suffisamment rapprochés.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1430.

Stations et Départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	° ′	° ′		
St-Gingolph (Haute-Savoie).........	9.55,5	61.57,2	0,21114	presque calme
Thonon »	9.47,6	61.54,0	0,21141	presque calme
Annemasse »	10. 1,0	61.48,7	0,21096	peu agitée
St-Denis de Ceyzeriat près de Bourg (Ain).	10.28,5	61.56,3	0,21063	presque calme
St-Julien en Genevois (Haute-Savoie).	10. 8,5	61.47,2	0,21112	peu agitée
Bonneville » .	10. 4,6	61.47,3	0,21151	peu agitée
La Roche-s-Foron » .	9.59,9	61.45,8	0,21152	agitée
Cluses » .	9.54,0	61.40,3	0,21176	presque calme
Vallée de Bérard » .	10.48,1	61.39,3	0,21268	calme
Villefranche-s-Saône (Rhône)......	10.44,5	61.48,8	0,21140	presque calme
Argentière (Haute-Savoie)..........	9.52,0	61.37,5	0,21239	peu agitée
Seyssel-Carbonod (Ain).............	»	61.43,1	0,21204	presque calme
Ambérieu »	10.27,8	61.42,1	0,21165	peu agitée
Sallanches (Haute-Savoie)..........	9.49,0	61.41,5	0,21271	presque calme
Trévoux (Ain)......................	10.47,3	61.44,7	0,21135	peu agitée
Annecy (Haute-Savoie)............	10. 2,2	61.32,3	0,21218	peu agitée
Lathuile »	10. 1,4	61.31,4	0,21276	peu agitée
St-Genis-Laval (Rhône).............	10.34,8	61.34,2	0,21245	presque calme
Belley (Ain).....................	10.14,6	61.33,6	0,21303	presque calme
Aix-les-Bains (Savoie)...........	10.11,6	61.25,8	0,21262	très agitée
Le Châtelard »	10. 0,6	61.25,8	0,21359	agitée
Albertville »	9.59,6	61.26,2	0,21293	presque calme
Bourg-St-Maurice (Savoie)..........	9.43,0	61.16,6	0,21414	presque calme
Chambéry »	10. 6,0	61.20,8	0,21377	peu agitée
St-Pierre-d'Albigny (Savoie).......	»	61.19,8	0,21390	agitée
La Tour-du-Pin (Isère)...........	10.19,3	61.25,5	0,21364	presque calme
Montmélian (Savoie)...............	9.56,8	61.16,8	0,21430	peu agitée
Moutiers »	9.55,2	61.15,1	0,21420	calme
Voiron (Isère).....................	10.12,3	61.10,2	0,21467	peu agitée
La Côte-St-André (Isère)...........	10.20,6	61.15,7	0,21430	presque calme
Goncelin (Isère)...................	9.59,3	61.10,5	0,21502	presque calme
St-Rambert-d'Albon (Drôme).......	10.32,2	61. 6,8	0,21447	presque calme
Lanslebourg (Savoie)...............	9.30,2	61. 7,9	0,21495	très agitée
St-Jean de-Maurienne (Savoie).....	9.55,7	61. 0,8	0,21555	calme
Modane (Savoie)..................	9.43,8	60.56,7	0,21557	calme
St-Marcellin (Isère).............	10.14,9	61. 2,2	0,21543	presque calme
Le Louvarou (Grenoble, Isère)......	10. 8,0	61. 2,2	0,21595	presque calme
Bourg d'Oisans (Isère).............	9.58,5	60.55,2	0,21553	presque calme
Romans (Drôme).....................	10.24,4	60.56,3	0,21642	presque calme
Monestier de Clermont (Isère).......	10. 7,0	60.46,1	0,21674	presque calme

Or, par temps nuageux et à courtes éclaircies, il arrive que le Soleil ne

peut être observé qu'à des intervalles de temps éloignés; je me suis donc mis à l'abri de cet inconvénient, en visant, lunette à droite puis lunette à gauche, un repère fixe, afin de déterminer sur le cercle vertical la division correspondant à la verticale. Un seul pointé, au lieu de deux, suffit alors pour donner la distance zénithale du Soleil. On doit retrouver d'ailleurs la même division du cercle vertical dans les différentes stations, si le réglage des niveaux est effectué avec tout le soin désirable.

Le tableau ci-contre donne les éléments magnétiques réduits au 1er janvier 1922. Les stations ont été rangées par ordre de latitude décroissante.

Les mesures précédentes, comparées à celles de Moureaux pour les stations communes, donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922. La moyenne de cette variation est de — 3° 2′ pour la déclinaison, — 0°47′ pour l'inclinaison et + 0,0017 pour la composante horizontale. Ces valeurs diffèrent peu de celles observées au Val-Joyeux (— 2°58′, — 0°32′, + 0,0015) et de celles (— 3°2′, — 0°46′ et + 0,0020) que j'ai publiées en 1921 pour les départements du sud-est de la France.

Les isogones, les isoclines et les lignes d'égale composante horizontale subissent, dans le massif du mont Blanc, de légères déformations dont il paraîtrait intéressant de préciser l'importance.

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du 19 novembre 1923.* Note de M. **Beaulard de Lenaizan.**

Le barographe de la Faculté des Sciences de Montpellier a enregistré le tremblement de terre du lundi 19 novembre. Une seule secousse est visible sur le diagramme des pressions; elle correspond à 3 *heures* 40 *minutes*.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la migration de l'inuline dans les greffes de Composées.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une précédente Note ([1]), j'ai fait voir que, en surgreffant le Topinambour et le Soleil annuel, celui-ci ne contient pas d'inuline bien qu'elle

([1]) Lucien Daniel, *Sur les hyperbioses de Soleil et de Topinambour* (*Comptes rendus*, 1922, et *Revue bretonne de Botanique*, 1922).

passe dans ses tissus sous une autre forme, probablement à la suite d'une destruction à l'entrée et d'une reconstruction à la sortie. Cette année, j'ai recommencé ce genre de recherches en les étendant à des Composées annuelles ne fabriquant pas d'inuline et à des Composées vivaces qui en possèdent, quoique en quantité moindre que le Topinambour. Le Tableau suivant indique les poids des tubercules obtenus chez les Topinambours hypobiotes, greffés ou surgreffés suivant les cas :

I. — *Olodibioses ou greffes ordinaires.*

Nature des épibiotes.	Poids des tubercules (en grammes).
Helianthus annuus (3 greffes)........	145, 75 et 40
Madaria elegans (5 greffes).........	40, 30, 0, 0 et 0
Ambrosia trifida (5 greffes)........	291, 840, 145, 75 et 40
Rudbeckia laciniata (2 greffes)......	0 et 0
Rudbeckia moschata (3 greffes)......	0, 0 et 0
Heliopsis scabra (2 greffes)..........	140 et 6
Silphium trifoliatum (2 greffes).....	13 et 9
Helianthus orgyalis (7 greffes).......	425, 385, 420, 410, 302, 260 et 320
Helianthus multiflorus (5 greffes)....	1350, 1660, 1460, 870 et 1010

II. — *Hyperbioses ou surgreffes.*

Épibiotes.	Mésobiotes.	Hypobiote.	Poids des tubercules (en grammes).
Topinambour	*Helianthus annuus*	Topinambour ...	1800
Id.	*Madaria*	Id. ...	0
Id.	*Ambrosia*	Id. ...	97
Id.	*Rudbeckia moschata*	Id. ...	540
Id.	*Heliopsis scabra*	Id. ...	10
Id.	*Helianthus orgyalis*	Id. ...	700
Id.	*Helianthus multiflorus*	Id. ...	1385

De ce Tableau ressortent des données intéressantes. Dans les greffes ordinaires, quel que soit l'épibiote, le Topinambour fournit un poids de tubercules notablement *inférieur* à celui des témoins qui est de 4 à 6^{kg}. Il peut se faire que des plantes annuelles (*Ambrosia*, *Helianthus annuus*, *Madaria*) greffées sur Topinambour permettent à celui-ci d'emmagasiner de l'inuline quand des Composées vivaces à inuline l'empêchent de former des tubercules (*Rudbeckia*) ou réduisent considérablement la fonction de réserve (*Silphium*, *Heliopsis*), dans les conditions où j'ai opéré.

Si l'on surgreffe le *Rudbeckia moschata* avec le Topinambour, la fonction

de réserve, supprimée dans les olodibioses, se rétablit aussitôt. C'est si bien l'hyperbiote Topinambour qui est l'agent de ce rétablissement que dans les hyperbioses où il est remplacé par un hyperbiote *Helianthus annuus*, il n'y a pas de tuberculisation. Avec les mésobiotes Soleil et *Helianthus orgyalis*, la mise en réserve est augmentée. Avec l'*Helianthus multiflorus*, elle est moins influencée.

Les hyperbioses de *Madaria* et celles d'*Heliopsis* ont donné des résultats aussi curieux qu'inattendus. Chez les premières, l'inuline n'a pas passé dans le *Madaria* mésobiote; elle s'est localisée dans l'hyperbiote qui s'est renflé en cône et a changé de teinte, devenant jaune dans un cas et rouge brun dans l'autre, pendant que les feuilles se panachaient fortement. Le même phénomène, indice certain d'une variation du chimisme des tissus, s'est produit chez l'hyperbiote dans les hyperbioses d'*Heliopsis*, bien que l'hypobiote Topinambour ait fourni un petit tubercule.

J'ai établi des olohyperbioses et des hémihyperbioses entre Soleil annuel et Topinambour, celui-ci jouant le rôle de mésobiote. Ces greffes, inverses des précédentes, ont bien réussi. A la fin de leur végétation, j'ai étudié la répartition de l'inuline dans les associés. En aucun cas, je n'en ai trouvé dans les Soleils hyperbiotes ou hypobiotes. Cette substance se rencontrait, au contraire, dans tous les mésobiotes Topinambour portant des pousses feuillées, et, toutes conditions égales d'ailleurs, proportionnellement à la valeur relative de ces pousses. Chez les olohyperbioses, dans lesquelles le mésobiote Topinambour était réduit à 10^{cm} à peine de tige verte, il n'y avait pas d'inuline chez celui-ci.

Ces recherches, qui confirment et complètent mes précédentes observations, montrent nettement que les êtres vivant en symbiose dépendent étroitement les uns des autres et que leur chimisme ainsi que leurs fonctions physiologiques varient suivant les espèces associées, la nature des organes choisis, les associations particulières réalisées par l'opérateur et aussi suivant les conditions de milieu. Elles montrent aussi que, si les hyberbioses ou surgreffes donnent d'intéressants résultats en arboriculture, ces sortes de symbioses peuvent être avantageusement employées à solutionner certaines questions controversées en physiologie végétale.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur l'évolution du chondriome dans le sac embryonnaire des Liliacées.* Note [1] de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Marin Molliard.

Dans une précédente Note, nous avons décrit l'évolution du chondriome dans le sac embryonnaire des Liliacées. Nos observations datent d'une époque où nous n'avions pas encore mis en évidence dans la cellule des végétaux verts l'existence de deux lignées de chondriosomes; elles laissent donc subsister des obscurités. Nous avions décrit un chondriome dont une partie des éléments se transforme en chondriocontes très allongés et la production aux dépens de ces derniers de grains de sécrétion qui paraissent se dissoudre dans le cytoplasme.

Les recherches que nous avons poursuivies depuis et que nous résumerons ici éclaircissent beaucoup cette question.

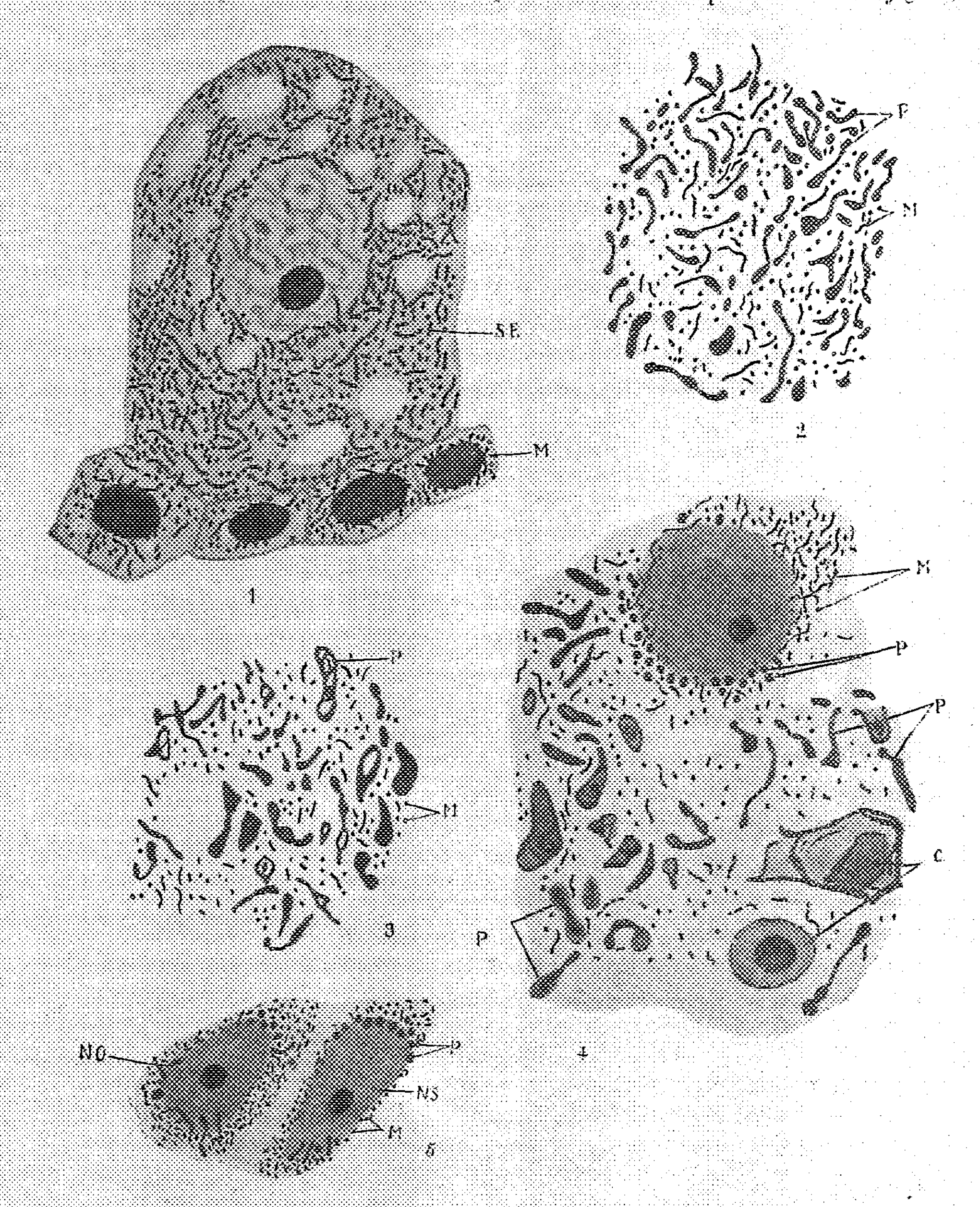
Dans *Lilium candidum*, au début de sa différenciation, le sac embryonnaire (*fig.* 1, SE) renferme un chondriome semblable à celui des autres cellules du nucelle (N), constitué par des grains, de courts bâtonnets et des chondriocontes. Ainsi qu'on le verra, ce sont les chondriocontes qui représentent les plastes. Au stade synapsis, on constate la formation de petits renflements sur le trajet des chondriocontes. Dans la région avoisinant le noyau et plus tard autour des noyaux résultant de sa division, ceux-ci se séparent par rupture des parties effilées qui les réunissent et prennent la forme de petits corpuscules arrondis qui ne modifient plus leur aspect jusqu'à la fin du développement. Au contraire, dans les autres régions, ces renflements ne se séparent que peu à peu au cours du développement, grossissent beaucoup, affectent les formes les plus diverses et presque toujours conservent un appendice effilé, reste du chondrioconte générateur. Ce sont des corps ovoïdes, anguleux ou en formes de fuseaux et de têtards qui présentent parfois un aspect plus ou moins cristallin (*fig.* 2 et 3, P). Ces éléments montrent souvent à leur intérieur une ou plusieurs petites vacuoles ou parfois un noyau central et une zone périphérique fortement sidérophile dans une substance fondamentale moins chromophile. Ces corps, que nous avions considérés comme des grains de sécrétion, représentent simplement un stade de l'évolution des plastes. La production de ces gros plastes à partir des chondriocontes s'effectue peu à peu pendant tout le développement, en sorte qu'à tous les stades, on peut observer de nombreuses formes de passage entre les chodriocontes et les gros plastes.

Au cours de ces phénomènes, les autres chondriosomes restent petits, mais ils modifient assez sensiblement leurs formes : beaucoup prennent l'aspect de longs chondriocontes se distinguant des plastes par leur extrême minceur (*fig.* 2 et 3, M).

Dans les synergides, l'oosphère et les antipodes, on observe également la présence

(1) Séance du 19 novembre 1923.

de plastes (P) et de chondriosomes (M); les plastes sont beaucoup plus petits que dans le sac embryonnaire lui-même et toujours à l'état de corpuscules ronds (*fig.* 5).



A la fin du développement, le noyau du sac embryonnaire reste entouré de petits plastes ronds (*fig.* 4, P), entremêlés à de nombreux chondriosomes. Au contraire, dans toutes les autres parties du sac embryonnaire, les plastes (P) sont très gros et

présentent des phénomènes curieux qui se manifestent par une dilatation assez considérable et le fait qu'ils s'entourent fréquemment d'une zone éosinophile. Il semblerait qu'à ce moment, ces éléments subissent des phénomènes de digestion. On aperçoit également des corpuscules généralement plus gros et moins sidérophiles que les plastes. Ces derniers corps qui sont fortement éosinophiles montrent d'abord une structure concentrique très accusée avec un noyau central et plusieurs zones concentriques plus chromophiles que le reste (*fig.* 4, C) : celles-ci ont une tendance à se rompre, donnant des formations d'aspects spiraloïdes. Ces corps prennent ensuite un contour confus et deviennent de moins en moins sidérophiles, comme s'ils se dissolvaient dans le cytoplasme. Ces corps qui apparaissent dès le stade synapsis, mais ne deviennent nombreux qu'à la fin du développement, n'appartiennent pas au système vacuolaire. Ils ont fréquemment un aspect cristallin et sont rattachés aux plastes par une série d'intermédiaires, de sorte que nous les considérons comme des phases de dissolution des plastes.

En résumé, nos recherches nous ont permis de suivre d'une manière très précise dans le sac embryonnaire des Liliacées l'évolution des deux catégories de chondriosomes à tous les stades du développement.

PHYSIOLOGIE. — *Signification de la chute maxima de tension superficielle du sérum sanguin.* Note (¹) de M. P. Lecomte du Noüy, présentée par M. Charles Richet.

Dans nos précédentes Notes, nous avons signalé la chute spontanée de la tension superficielle des solutions colloïdales en général et du sérum sanguin en particulier. Nous avons montré que cette chute était maxima, pour le sérum de lapin, à une dilution voisine du dix-millième. Nous en avons déduit une méthode qui, appliquée à l'étude des anticorps, a permis de suivre leur apparition, leur développement, puis leur diminution, en fonction du temps, chez des animaux ayant reçu des injections de divers antigènes. Les résultats de ces mesures purement physiques ont toujours été d'accord, qualitativement et quantitativement, avec les réactions biologiques ordinaires : hémolyse, précipitation.

Pour expliquer l'existence de cette chute maxima à une faible concentration déterminée, nous avons émis l'hypothèse qu'à cette concentration seulement, une couche superficielle monomoléculaire orientée de certains éléments du sérum pouvait se former dans les récipients utilisés. De nombreuses expériences ont paru confirmer cette manière de voir, entre autres l'étude de la vitesse d'évaporation de solutions de sérum frais au 10ᵉ, au 100ᵉ,

(¹) Séance du 19 novembre 1923.

au 1000e, au 10000e et au 100000e, contenues dans des verres de montre identiques. Toutes choses étant égales, la solution au 10000e s'évapore plus lentement. Ce fait peut s'expliquer par l'existence d'une pellicule homogène de molécules orientées, donc fortement adhérentes entre elles; l'empilement de molécules en désordre, à la surface des solutions plus concentrées, n'offrant pas la même résistance à l'essor des molécules d'eau.

Le problème se posait alors de savoir si cette concentration critique du dix-millième, qui modifie dans la proportion de plus de 100 pour 100 l'action du sérum sur la tension superficielle de l'eau de nos récipients, était la conséquence d'un ensemble de conditions arbitrairement réunies, ou bien si elle avait une signification plus profonde. L'hypothèse de la couche orientée permet d'attaquer le problème d'une façon simple. En effet cette concentration critique du dix-millième est fonction, entre autres quantités, du rapport $\frac{\text{surface}}{\text{volume}}$ de la solution. Or, pour maintenir l'intégrité d'une couche monomoléculaire, la concentration doit évidemment augmenter, toutes autres conditions demeurant égales, lorsque le rapport $\frac{\text{surface}}{\text{volume}}$ augmente (c'est-à-dire quand la capacité du vase diminue); la question peut donc prendre l'aspect suivant : Quelles seraient les dimensions d'un récipient assez petit pour que le rapport $\frac{S}{V}$ devienne tel que le sérum n'ait à subir aucune dilution, et que ses constituants actifs se distribuent en couche monomoléculaire orientée sur les parois. En d'autres termes, puisque nous admettons par hypothèse que ce phénomène se produit dans des verres de montre dont le rapport $\frac{S}{V} = 12$, à une dilution du dix-millième, quelles sont les dimensions d'un vase dont le rapport $\frac{S}{V}$ serait 10000 fois plus grand, soit 120000?

Un calcul simple indique que ce récipient devra être de l'ordre de grandeur des vaisseaux capillaires encombrés de globules blancs et rouges. On trouve même, pour un capillaire moyen de 10^{μ} de diamètre, légèrement aplati, contenant deux globules de 5^{μ} de diamètre et de 2^{μ} d'épaisseur sur un parcours de 10^{μ}, un chiffre coïncidant presque exactement avec 120000; ceci en tenant compte naturellement de toute la superficie mouillée par le liquide, surface des globules et du capillaire. Il est bien évident qu'il ne faut accepter cette concordance que comme l'indication d'un ordre de grandeur. Néanmoins, si l'on considère que le diamètre des capillaires varie de 4^{μ} à 18^{μ}, que, de plus, la circulation du sang y est relativement peu active, et souvent arrêtée; que, d'autre part, l'accumulation des globules y

est souvent considérable, il semble bien, malgré l'extrême différence des conditions, qu'il y ait là plus qu'une simple coïncidence.

On est donc amené à admettre l'existence, dans les capillaires, contre les parois et autour des globules, d'une couche monomoléculaire orientée, composée des éléments du sérum qui sont les plus sensibles et les plus actifs. On comprend alors que cette sorte de filtre mince, instable et, réagissant, formé d'éléments fragiles, véritables intermédiaires entre les produits charriés par la circulation et les cellules endothéliales, permette à des quantités extrêmement petites de substance d'agir sur l'organisme entier. En effet, l'orientation systématique des molécules permet l'addition des effets et leur propagation. La moindre réaction locale affectant l'équilibre de l'édifice atomique d'une molécule ou d'une série de molécules juxtaposées sera perçue bien au delà du lieu de la réaction, grâce au changement apporté dans la valeur du champ de forces de chaque molécule.

ENTOMOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'atrophie des ailes et des muscles du vol chez les* Forficulidæ. Note de MM. **L. Mercier** et **Raymond Poisson**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait que chez les *Forficulidæ* les élytres sont toujours très courts alors que les ailes présentent souvent une longueur variable selon les espèces. C'est ainsi, par exemple, que *Labia minor* L., *Forficula auricularia* L., ont des ailes bien développées, dépassant largement les élytres. Par contre, *Forficula Lesnei* Finot possède des ailes rudimentaires et chez *Prolabia arachidis* Yers., celles-ci sont nulles.

Il est de toute évidence que les espèces à ailes atrophiées ne peuvent plus voler; mais il est plus difficile de se prononcer sur l'aptitude au vol des espèces pourvues d'ailes bien développées. C'est ainsi qu'un certain nombre d'auteurs d'ouvrages de vulgarisation [1] parlent avec assurance du vol des Perce-Oreilles et, quelques-uns d'entre eux, représentent même des Forficules dans l'attitude du vol. Or Verhœff (1909) [2] a constaté que lorsqu'on déplie les ailes de *Forficula auricularia*, celle-ci ne peut ensuite ni les replier

(1) E. Blanchard, *Histoire naturelle des Insectes*, t. 2, p. 211. — Brehm. *Merveilles de la Nature. Les Insectes* (*Edition française* par J. Künckel d'Herculais, etc.).

(2) K.-W. Verhœff, *Ueber Dermapteren*, 6 *Aufsatz: Zur Biologie europäischer Ohrwürmer* (*Biol. Centr.*, Bd 29, 1909, p. 578 et 605).

complètement, ni les étendre pour voler. D'après cet auteur, *Labia minor* est le seul Dermaptère de l'Europe centrale qui puisse voler.

L'aptitude au vol de *Forficula auricularia* semble donc bien être une légende. Il nous a paru intéressant de préciser ce point, car la présence d'ailes chez un Insecte ne constitue pas un argument suffisant pour permettre d'affirmer, *a priori*, que celui-ci vole. En effet nous avons montré que certains exemplaires de *Chersodromia hirta* Walk. (Diptère-*Empidæ*) (1) ne peuvent plus voler bien que possédant des ailes normalement développées, et cela par suite d'une atrophie partielle des muscles vibrateurs longitudinaux. Il en est de même de *Nepa cinerea* L. et de *Naucoris cimicoides* L. (2).

Il était donc tout indiqué d'étudier les muscles du vol de *Forficula auricularia* puis de les comparer à ceux d'une forme volant bien comme *Labia minor* et à ceux d'une espèce ne volant certainement pas, telle *Forficula Lesnei*.

La comparaison des figures reproduites dans la présente Note suffit à montrer les différences qui existent, dans la disposition anatomique des muscles du thorax, entre *Labia minor* d'une part et *Forficula auricularia* et *Lesnei* d'autre part. En effet, on constate que si, chez les trois espèces, des coupes transversales du pro- et du mésothorax présentent sensiblement une même disposition des muscles, il n'en est pas de même, par contre, pour le métathorax (comparer les figures I, II, III).

Le métathorax de *Labia minor*, espèce qui vole bien, renferme de volumineuses masses musculaires formées de fibres à colonne sarcoplasmique centrale. Les unes (*fig.* I, *a*) occupent une position dorsale, par rapport au tube digestif, et sont constituées par des fibres à direction longitudinale, tandis que les autres (*fig.* I, *b*) ont une direction un peu oblique et dorso-ventrale.

Chez *F. auricularia* et *Lesnei*, les muscles (*a*) sont considérablement réduits. Quant aux muscles dorso-ventraux (*b*) nous n'en avons pas trouvé trace chez ces deux dernières espèces et leur emplacement est occupé par des nappes de tissu adipeux.

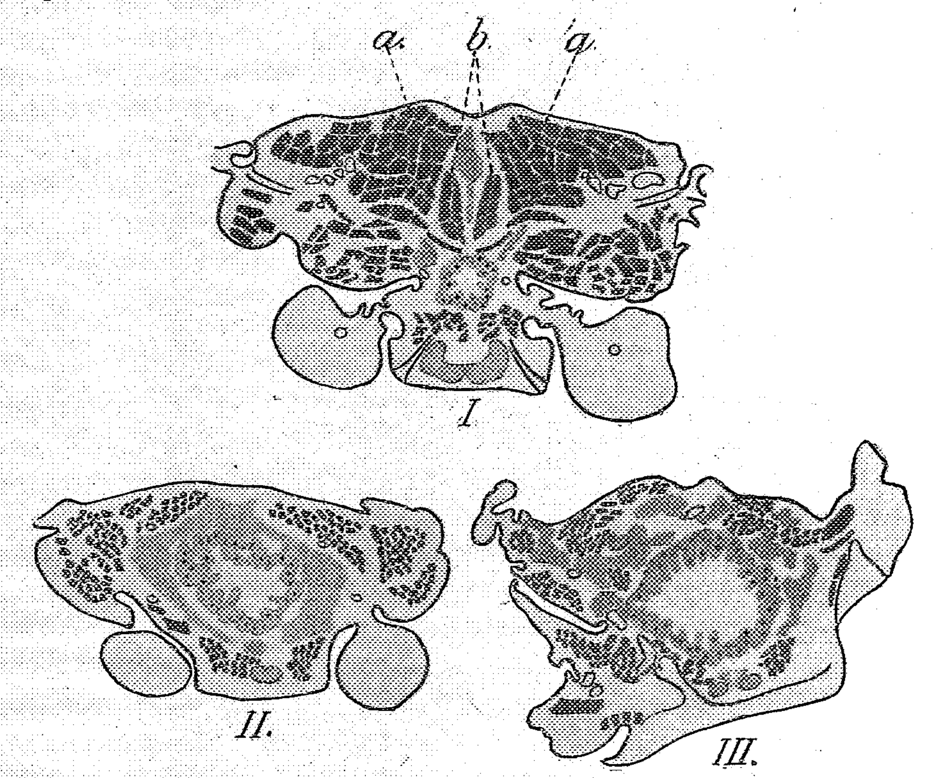
Conclusions. — 1° Les masses musculaires (*a*) et (*b*) qui existent chez *Labia minor*, espèce volant bien, sont considérablement réduites et même font défaut chez *Forficula Lesnei*, espèce qui ne peut voler en raison de

(1) L. Mercier, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 933.

(2) R. Poisson, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1322, et t. 174, 1922, p. 770.

l'état d'atrophie des ailes. On peut donc admettre que ces muscles sont, chez *Labia*, en rapport avec le vol.

2° De même que chez *F. Lesnei*, les muscles du vol métathoraciques sont atrophiés chez *F. auricularia*. Cette espèce ne peut donc voler bien que possédant des ailes.



Coupes transversales du métathorax : I. De *Labia minor* (× 45). — II. De *F. Lesnei* (× 30). — III. De *F. auricularia* (× 30). *a*, muscles longitudinaux dorsaux; *b*, muscles dorso-ventraux.

3° L'inaptitude au vol de *F. auricularia* rentre dans le cadre du processus *chersodromien* de Cuénot et Mercier [1], ce processus étant caractérisé par la persistance des ailes et une atrophie plus ou moins marquée des muscles du vol.

Le cas de *F. Lesnei* est à rapprocher de celui d'*Apterina pedestris* Meig., de *Cratærhina pallida* Olf. et de *Naucoris maculatus* Fab., espèces chez lesquelles il existe à la fois une atrophie des ailes et des muscles du vol plus ou moins accusée.

---

[1] *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1112.

L'atrophie des ailes est-elle consécutive à celle des muscles? Actuellement il est difficile de le dire. En effet, d'une part, Cuénot et Mercier ont montré que chez *Drosophila melanogaster* les muscles du vol existent quel que soit l'état d'atrophie des ailes (processus *drosophilien*); d'autre part, si l'atrophie des ailes de *F. Lesnei* résultait du non-usage, conséquence de l'atrophie musculaire, on ne comprend pas pourquoi le même processus ne s'est pas encore manifesté chez *F. auricularia*.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la composition de la propolis des Abeilles.* Note de M. **Alain Caillas**, présentée par M. Bouvier.

La propolis récoltée par les Abeilles pour obturer les fissures de la ruche a été considérée jusqu'ici comme une résine qui proviendrait elle-même des bourgeons de certains arbres.

Il était intéressant de rechercher la nature et la composition de cette propolis au point de vue chimique.

Tout d'abord, une question se pose : la propolis est-elle un composé défini ou, au contraire, n'est-elle pas un mélange de substances diverses? Les deux expériences suivantes vont rapidement fixer les idées.

1° Si l'on traite 10^g de propolis récoltée dans une ruche au printemps par un excès d'alcool pur et bouillant, on constate qu'environ 60 pour 100 de la propilis traitée se dissout dans l'alcool, en le colorant fortement, tandis que le reste forme des globules huileux qui se prennent par refroidissement en une masse jaune d'or.

La partie soluble dans l'alcool est constituée par une résine qui forme avec l'alcool un vernis. La partie insoluble a été identifiée : c'est de la cire pure, moins quelques acides gras entraînés par le dissolvant employé.

2° M. Perret-Maisonneuve, dans son remarquable Ouvrage sur l'élevage des reines, a fait lui-même l'expérience suivante :

« Si l'on fait fondre au bain-marie de la propolis obtenue en nettoyant les cadres, cette dernière se divise en deux parties : une première, visqueuse et foncée, demeure au fond du récipient, tandis que la seconde, liquide et jaunâtre, surnage. Cette partie, plus fluide, séparée par décantation, est constituée par une cire aromatiqué, à laquelle nous avons donné le nom de *cire de propolis*, qui a la propriété, après avoir été malaxée une fois, de rester malléable comme de la cire à modeler, tout en restant quelque peu collante. »

Les faits signalés sont exacts; leur interprétation a besoin d'être précisée et complétée.

La partie visqueuse et foncée qui demeure au fond du récipient est constituée par la même substance qui s'est dissoute dans l'alcool lors de notre première expérience. C'est une résine, d'aspect vert noirâtre, cassante et très aromatique.

La *cire de propolis* de M. Perret-Maisonneuve est constituée pour environ 90 pour 100 de son poids par de la cire pure, comme nous l'avons vu dans notre essai par l'emploi d'alcool bouillant. Les 10 pour 100 restants sont formés par une résine plus fusible, ayant un point de fusion voisin de 65° comme nous avons pu nous en assurer. Nous avions pensé un moment qu'il s'agissait d'une huile essentielle, mais aucun entraînement n'a pu être obtenu par un courant de vapeur d'eau, alors qu'il est plutôt facile de séparer de la cire en question une résine ayant un point de fusion relativement bas.

Il était également indispensable de déterminer chimiquement la nature de ces résines, car nous aurions pu nous trouver en présence d'un ou plusieurs baumes. L'acide benzoïque, qui caractérise nettement ces derniers, n'a pu être décelé, ni par sublimation, ni par précipitation par l'alcool.

Ces diverses expériences nous permettent donc de constater que la propolis récoltée par les Abeilles est en réalité un *mélange*, dans lequel nous trouvons :

1° Environ 70 pour 100 de résines, soit 60 pour 100 d'une résine fusible entre 90° et 100° et 10 pour 100 d'une autre résine fusible entre 65° et 70°.

2° 30 pour 100 de cire pure.

A notre avis tout l'intérêt de cette étude réside dans cette dernière constatation. Ainsi, contrairement à ce qui était admis jusqu'à présent, les Abeilles ne se contentent pas de récolter des résines sur les bourgeons des arbres. Leur instinct, ou leur intelligence, leur a fait comprendre que ces matières sont dures et cassantes, qu'elles peuvent se fendiller et qu'elles constitueraient un bien mauvais ciment pour l'usage qu'elles veulent en faire. Comme le maçon qui mélange à la chaux le sable destiné à boucher les interstices lorsque le phénomène de la « prise » se produit, l'Abeille incorpore à la résine une matière inerte et plastique à la fois, capable d'assurer le liant indispensable, et d'éviter les fentes et les cassures.

La présence de la cire dans les propolis nous ouvre des horizons tout nouveaux sur le travail merveilleux accompli par l'Abeille dans sa ruche. Il reste aux savants, aux chercheurs, aux entomologistes passionnés et patients,

émules de Fabre à nous expliquer par quel mécanisme cette cire est produite, à quel moment et de quelle façon elle se trouve mélangée à la résine, et par quels organes.

D'autre part, les apiculteurs qui, las du nettoyage des ruches, récoltaient parfois d'importantes quantités de propolis sauront désormais que cette matière possède une réelle valeur intrinsèque en raison des 30 pour 100 de cire qu'elle contient, ainsi que nous venons de le démontrer.

ZOOLOGIE. — *Les deux zones de l'épithélium externe du manteau et leur influence sur la qualité des perles chez les Mollusques.* Note de M. **Louis Boutan.**

En examinant du côté interne une valve d'Huître perlière (*Méléagrine*), on aperçoit deux zones très différentes, comme aspect et comme coloration :

1° Une zone centrale formée de lamelles de nacre de belle qualité ;

2° Une zone périphérique, formée d'une nacre mince et fortement colorée.

Ces deux zones ont, à très peu près, comme limite les insertions des muscles qui rattachent le manteau à la coquille et ont une étendue variable selon les mollusques.

Si nous étudions, par comparaison, une valve de *Pinna*, nous voyons que, chez cet animal, *la zone centrale est très réduite et la zone périphérique beaucoup plus développée que chez la Méléagrine*, et nous constatons également que la coquille de *Pinna* est mince et papyracée, tandis que celle de la Méléagrine est épaisse et formée presque entièrement de nacre lamelleuse.

Cette différence entre les deux coquilles tient à ce que la coquille est formée par la sécrétion de l'épithélium externe du manteau dont la zone périphérique fournit le *periostracum* et contribue à l'accroissement *en surface*, tandis que la zone centrale fournit la nacre lamelleuse et contribue à l'accroissement *en épaisseur*.

Au point de vue chimique, le *periostracum* est formé des mêmes éléments fondamentaux que la nacre, mais contient cependant plus d'eau et de matière organique. *Le periostracum est une nacre fortement hydratée.*

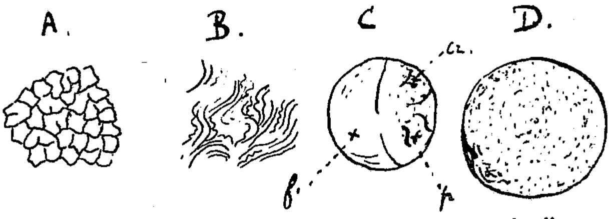
Or on sait, par les travaux les plus récents, que les perles fines complètes se forment aux dépens de l'épithélium externe du manteau, dans l'intérieur d'un sac épithélial (sac perlier) qui est une dépendance de cet épithélium externe du manteau.

Que va-t-il se passer si le sac perlier se forme aux dépens de la zone épithéliale périphérique et non aux dépens de la zone épithéliale centrale ?

On peut prévoir que les perles formées aux dépens de la zone épithéliale périphérique vont différer des perles formées dans la zone centrale, puisque cette zone périphérique donne le periostracum et non la nacre proprement dite. Elles auront la composition chimique du periostracum et seront des perles trop hydratées, qui par dessiccation se fendilleront et perdront peu à peu les qualités superficielles de la perle fine.

Grâce à des perles de *Pinna*, j'ai pu contrôler cette hypothèse.

Tous les pêcheurs de *Pinna* savent qu'il existe dans ces animaux des perles blanc rosé qu'on trouve dans la partie centrale du corps et des perles vivement colorées en rouge et rouge brique qu'on trouve dans les parties périphériques du manteau. Ces dernières, beaucoup plus abondantes que les autres, d'abord de bel aspect, perdent à l'air leurs qualités de lustre et d'orient.



A. Surface grossie d'une perle brune de *Pinna*. — B. Surface grossie d'une perle blanc rosé de *Pinna*. — C. Perle de Méléagrine présentant sur une moitié seulement les caractères de la perle fine. — D. Perle de Méléagrine présentant la même apparence que la perle brune de *Pinna*.

Les trois perles de *Pinna*, que j'ai examinées, deux sont d'un blanc lavé de rose et la troisième rouge brun foncé. Les deux premières, étudiées au microscope, présentent les courbes caractéristiques de la surface des perles fines (*fig.* B). La troisième, au contraire, ne présente plus les courbes caractéristiques, mais un dessin très régulier (*fig.* A) qui semble indiquer qu'elle s'est décomposée en petites pyramides dont les sommets convergent vers le centre et dont on n'aperçoit que les bases [1].

Il est vraisemblable, d'après la coloration, que les deux premières proviennent d'un sac perlier formé aux dépens de la zone épithéliale centrale

[1] Cette apparence correspond à la réalité, ainsi que le montrent très clairement les coupes de perles de *Pinna* représentées par Raphaël Dubois dans *Contribution à l'étude des perles fines*, Paris, 1909. L'auteur confond cet état secondaire avec la structure réelle des perles de *Pinna*.

et que la troisième provient d'un sac perlier formé aux dépens de la zone épithéliale périphérique.

L'origine réelle de ces perles resterait, malgré tout, douteuse, si je n'avais pas eu à ma disposition des perles correspondantes de Méléagrine.

Ce matériel de recherche, que je dois à l'obligeance de M. Ikeda, est constitué par deux perles, que je soumets à l'Académie. Ces deux échantillons qui, à la sortie de l'Huître perlière, présentaient, paraît-il, une belle apparence, proviennent d'un essai d'un greffeur de perles des pêcheries de M. Mikimoto. Ce praticien, au lieu de sacrifier une Méléagrine pour faire un sac perlier, a essayé d'utiliser toute la surface externe du manteau pour obtenir avec la Méléagrine sacrifiée plusieurs sacs perliers aux dépens du même animal. Il paraît avoir réalisé ainsi, sans s'en douter, une expérience capitale.

L'une des perles, celle de 8,84 grains, de couleur brun cendré (*fig.* D), présente, vue au microscope, le même dessin que la perle de *Pinna* (*fig.* A). L'autre, de 5,96 grains (*fig.* C), est formée d'une moitié, *f*, qui a conservé les qualités superficielles de la perle fine (*fig.* B), et d'une autre moitié, *p*, de couleur cendrée qui s'est craquelée, ne présente plus les qualités précédentes et rappelle au microscope l'aspect du sucre pilé.

Il me semble évident que le greffeur, en voulant utiliser le plus d'épithélium possible, a constitué un sac perlier formé exclusivement, dans le premier cas (perle de 8,84 grains), de l'épithélium de la zone périphérique, et dans le second cas (perle de 5,96 grains), à moitié d'épithélium de la zone périphérique et à moitié d'épithélium de la zone centrale.

Quoique je n'aie pas assisté à l'opération et récolté moi-même ces deux échantillons, les faits précédemment signalés dans *Pinna* me semblent entraîner la conviction.

Il en résulte que l'endroit de la zone épithéliale où se forme le sac perlier n'est pas indifférent et que, *pour obtenir de belles perles, il faut un fragment d'épithélium bien placé* (¹).

Or le parasite qui forme souvent le noyau des perles accidentelles se rencontre, d'après les observations de Herdman et Hornell, à Ceylan, dans les endroits les plus variés du corps de l'Huître et je m'explique ces altérations secondaires, que l'on constate parfois sur des perles fines accidentelles, par la formation d'un sac perlier dans la zone périphérique. Le cas

(¹) Les faits, exposés succinctement dans cette Note seront développés plus complètement dans un travail, qui sera publié dans un autre Recueil.

est assez rare, parce que la zone périphérique est peu développée dans les Méléagrines. Il est fréquent, pour la raison contraire, dans les *Pinna*.

Ces constatations sont en faveur de la perle fine de culture, puisque l'homme peut prélever pour la greffe le lambeau épithélial dans un endroit bien choisi, tandis que le parasite agit au hasard.

BIOLOGIE. — *Les danses nuptiales de quelques Néréidiens*. Note [1] de MM. **L. Fage** et **R. Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

Nous avons récemment signalé [2] les montées vers la surface de la mer d'innombrables individus épitoques de plusieurs Néréidiens. Nous décrirons aujourd'hui les danses nuptiales qui précèdent l'émission des produits génitaux.

La ponte et la fécondation des œufs ont déjà été décrites chez maintes espèces : *Platynereis Dumerilii* (Hempelmann, 1911); *Platynereis megalops* (Just, 1914); *Nereis succinea* (Lillie et Just, 1913); *Nereis irrorata*, *N. pelagica*, *Perinereis cultrifera* et *P. Marioni* (Herpin, 1923). Mais le rassemblement en masse des *Heteronereis* près de la surface, et les danses qui précèdent la ponte n'ont été vus en mer que chez *P. Dumerilii*, *P. megalops* et *N. succinea;* seuls, et pour ces deux dernières espèces, Lillie et Just ont décrit le spectacle féerique auquel on assiste alors.

Nos observations portent sur trois espèces.

Perinereis cultrifera. — Le 1er mai, lendemain de la pleine lune et le soir suivant, nous mouillons notre lanterne vers 21h, entre le rocher d'Arc Gazek et les deux pointes du Minez, à quelque 200m du rivage.

La lune brille, la mer est parfaitement calme. Dès que l'eau est éclairée, de nombreux Cumacés et Amphipodes se dirigent vers la lanterne; peu après, la première *Heteronereis* sort de l'ombre, traverse en ligne droite la zone éclairée (d'une dizaine de mètres de rayon), passe près de la lanterne, puis disparaît. Une autre la suit, puis dix, cent, et bientôt on ne peut plus compter les Vers passant comme des flèches blanc rosé, en décrivant des courbes plus ou moins capricieuses. Leurs orbes se raccourcissent, tandis que d'autres approchent; toute l'eau visible est sillonnée de flèches traçant des cercles, des ellipses, des boucles; la mer paraît s'en emplir. Les plus proches de la lanterne s'arrêtent un instant contre ses vitres.

Les femelles arrivent alors, qu'on reconnaît à leur nage moins rapide. L'agitation

---

(1) Séance du 19 novembre 1923.

(2) L. Fage et Legendre, *Rythmes lunaires de quelques Néréidiens* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 982).

augmente; des groupes s'isolent, formés chacun d'une femelle nageant en ronds de plus en plus serrés et de plusieurs mâles tournant autour d'elle de plus en plus vite, en cercles et en 8, la frôlant au passage.

Quand la femelle est arrivée à tourner sur elle-même comme un anneau, la tête et la queue presque en contact, soudain apparaît une masse vert émeraude d'œufs qui s'échappent à la fois par l'anus et par des déchirures du corps (¹).

A ce moment, l'excitation est à son comble. Les mâles traversent la masse d'œufs à toute vitesse et lancent par l'anus leur sperme en jets pressés; des traînées blanches tachent l'eau verte, qui s'effacent en se diluant.

Puis, la femelle tombe lentement au fond, inerte, épuisée; les mâles s'éloignent, tandis que d'autres groupes continuent leur danse.

Nous n'avons pu observer si, comme Herpin l'a vu en aquarium (²), la ponte est déclenchée par l'éjaculation d'un mâle ou si elle est spontanée.

Platynereis Dumerilii. — Nous ne décrirons que la scène dont nous fûmes témoins le soir du 4 août, nuit du dernier quartier, où l'abondance des individus fut particulièrement remarquable.

Viennent d'abord vers la lanterne les petits organismes habituels, puis des *Prionospio cirrifera* qui s'approchent en se tortillant et quelques *Polyophthalmus pictus* à la nage serpentine. Au bout d'un quart d'heure, les premières *Heteronereis* paraissent, traversant le champ éclairé comme des flèches plus petites que *P. cultrifera*. Leur nombre augmente rapidement, donnant l'impression d'une véritable avalanche. Des groupes de danseurs se forment de tous côtés, composés d'une femelle et de plusieurs mâles. La femelle tourne en rond, les mâles décrivent autour d'elle des cercles et des boucles. L'agitation croît à mesure que d'autres arrivent. Une ponte se produit : la femelle lâche ses œufs par l'anus et par les déchirures de ses anneaux; les mâles éjaculent dans la masse. D'autres suivent aussitôt. A peine un groupe a-t-il fini que plusieurs le remplacent au même point. Les danses se multiplient, s'activent, comme si les produits sexuels flottants attiraient et excitaient des nombres toujours croissants d'individus. L'eau devient laiteuse, puis trouble de sperme et d'œufs. Des femelles isolées dansent et pondent dans ce lait, bien qu'aucun mâle ne les approche. C'est un rut général tel qu'à 23^h, quand on rentre la lanterne à bord, la mer semble bouillonner à perte de vue d'*Heteronereis* tourbillonnantes. Tout ce qu'on sort de l'eau, lanterne, cordages, ancre, est enduit de vers ramassés au passage. Ceux qu'on a recueillis dans un cristallisoir y dansent jusqu'à épuisement et meurent agglutinés par les pontes.

Nous avons assisté plusieurs fois au même spectacle, soit à Banyuls, soit à Concarneau, moins grandiose peut-être, mais toujours répété par des milliers d'individus. Si la lanterne permet de l'admirer, le concentre et l'amplifie, il se produit aussi plus épars, sans lumière, puisque nous avons capturé des *Heteronereis* à l'obscurité en traînant

---

(¹) La ponte a un volume de 3 à 4$^{cm^3}$; la femelle vidée ne pèse plus guère qu'un gramme.

(²) R. Herpin, *Sur les relations sexuelles chez* Perinereis cultrifera *Gr.* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 417-420).

un filet de surface et qu'en éclairant brusquement la mer, nous en avons surpris quelques-unes dansant.

Nereis irrorata. — Les mauvais temps d'août et septembre nous ont privés de renseignements sur cette espèce. Une seule fois, le 26 septembre, lendemain de la pleine lune, nous avons vu un seul couple danser et pondre près de la lanterne. Après une demi-heure d'attente, deux individus traversèrent successivement le champ éclairé, puis deux autres, survenant ensemble, se mirent à tourner verticalement en rond près de la lanterne, pendant une dizaine de minutes. Une tache laiteuse révéla leur ponte, après quoi ils disparurent ; un cinquième fut aperçu vers la fin ; capturé, c'était une femelle ayant déjà pondu.

Ces quelques observations, auxquelles nous pourrions joindre celles encore inédites faites par Racovitza et l'un de nous à Banyuls en 1909, 1913 et 1914, sur la danse nuptiale des *Nereis Zonata* Malm. et *rava* Ehl., nous semblent présenter un grand intérêt biologique. Elles montrent les préliminaires étranges d'un mode de ponte fort curieux, dont les détails revus et livrés à l'expérimentation révéleront encore bien des faits nouveaux. Elles permettront aussi de se procurer, à jour fixe, un matériel d'*Heteronereis*, d'œufs et de spermatozoïdes extraordinairement abondant qui ne manquera pas d'être utilisé pour de multiples recherches de tous ordres, tant histologiques et embryologiques que chimiques.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action d'une température élevée sur la mitose de segmentation des œufs d'oursin.* Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note antérieure ([1]), j'ai montré que la résistance à la température est une qualité inhérente à l'œuf. Je me bornerai à résumer ici les résultats d'une étude cytologique des œufs de *Paracentrotus lividus* Lk. soumis à l'influence d'une température mortelle minima, c'est-à-dire qui ne tue les œufs qu'après un certain temps d'action.

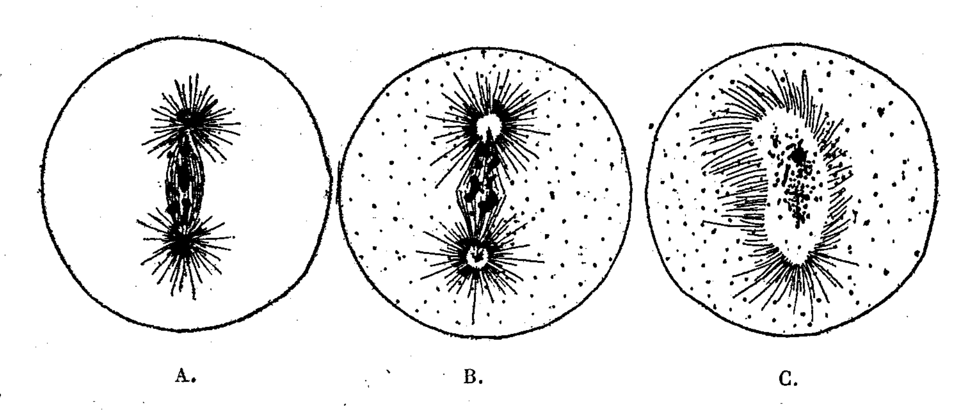
Je tiens à remarquer dès maintenant que l'action de la température sur l'œuf n'a été étudiée jusqu'ici que très superficiellement. Les études déjà anciennes de R. et O. Hertwig, Driesch, Demoor, Herbst, etc., portent presque uniquement sur les modifications visibles à l'œil nu. Un Mémoire

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 3 novembre 1923.

plus récent de Bury (1918) a trait spécialement à l'action de la température de 0°C. et est à peu près seul à donner des détails cytologiques.

La température mortelle n'agit pas toujours de la même façon : son action diffère suivant les stades du développement considérés. Aussi me bornerai-je aux œufs qui, pendant la prophase de la première division de segmentation, ont été transportés dans l'eau de mer chauffée à 32°C. et y ont séjourné jusqu'au moment de la fixation. La fixation est faite de 10 en 10 minutes.

10-20 minutes après le commencement de l'expérience, la mitose commence à se désorganiser. Les chromosomes, jusque-là régulièrement placés sur le fuseau, perdent cette orientation normale. On les trouve quelquefois orientés perpendiculairement à l'axe du fuseau. Ils se gonflent peu à peu et se soudent les uns aux autres (*fig.* A) de façon à former un bloc de chro-



A. B. C.

matine compacte. Un peu plus tard on voit se séparer de ce bloc quelques grains chromatiques qui se dispersent dans le cytoplasme de l'œuf (*fig.* B). Cette séparation et cette émigration de grains chromatiques continuant, on se trouve bientôt en présence d'un fuseau devenu exclusivement achromatique et d'une multitude de grains de chromatine dispersés dans le cytoplasme de l'œuf (*fig.* C).

Le corps protoplasmique de l'œuf commence comme à l'ordinaire sa division en deux blastomères environ 60 minutes après la fécondation. Mais cette division est souvent arrêtée au stade où apparaît le premier étranglement. Plus fréquemment elle s'achève quand même, mais elle est alors suivie d'un refusionnement des deux blastomères. Enfin, dans un troisième cas, la première division est retardée et se fait simultanément d'une

manière multiple en trois, quatre blastomères et plus, qui se comporten ensuite comme les précédents.

30 minutes après le commencement de l'expérience, toute la chromatine est dispersée dans le cytoplasme et, au centre de la cellule, là où est peu à peu disparu le fuseau, on voit se reconstituer un grand noyau, pauvre en chromatine figurée ou qui en est même complètement dépourvu. A sa membrane, sont accolés un, deux ou plusieurs asters, dont l'origine m'a échappé. Ainsi se termine la première mitose.

Ultérieurement le cytoplasme ne montre plus aucune activité.

Mais l'œuf n'est pas mort encore : 10 minutes plus tard l'activité de la cellule reprend en un nouveau cycle de mitoses abortives, qui s'achève au cours des 20-30 minutes suivantes. Tous les stades décrits plus haut s'y retrouvent : gonflement et soudure des chromosomes, dispersion des grains chromatiques dans le cytoplasme, etc. Une différence pourtant est à remarquer : dans le second cycle, la majorité des mitoses sont polycentriques. Pendant l'installation d'une mitose, les grains chromatiques disparaissent du cytoplasme. Quand le noyau achromatique se reconstitue, on voit, en plus des asters périnucléaires, des cytasters. Le cytoplasme ne montre pendant ce temps aucune tendance à la division; les traces de la première division cytoplasmique continuent au contraire à s'effacer.

L'évolution de tous les œufs est synchrone durant le premier cycle. Pendant le second, elle devient de plus en plus irrégulière et, 2 heures après le commencement de l'expérience, on retrouve encore dans une même préparation tous les stades de l'évolution décrite. Cela permet, me semble-t-il, de supposer l'existence d'un troisième cycle.

Environ 2 heures après le commencement de l'expérience, l'œuf commence à entrer en cytolyse : la couche superficielle du protoplasme prend un aspect irrégulier, le pigment se rassemble à la périphérie et l'œuf achève de mourir.

La division cytoplasmique est donc paralysée dès le début de l'action de la température, tandis que le noyau montre encore une certaine activité 2 heures environ après le commencement de cette action. Mais une autre fonction du protoplasme, la synthèse de substance chromatique, semble persister ou être même accélérée (peut-être proportionnellement à l'élévation de la température) : l'augmentation de volume du noyau reconstitué l'indique. Ces faits s'ajoutent à d'autres déjà connus qui démontrent, lors de la mitose, l'indépendance mutuelle des organes cellulaires.

L'apparition, au second cycle, d'asters accessoires peut être considérée comme un processus régulateur des mitoses mises en train par la fécondation et devenus anormales par l'inachèvement des divisions cytoplasmiques, alors que continue la synthèse de chromatine.

TÉRATOLOGIE. — *Présence de la rétine et absence des nerfs optiques chez les monstres énencéphales*. Note de M. NICOLA ALBERTO BARBIERI, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'analyse chimique exécutée sur 1150g de rétine fraîche de bœuf a mis en évidence que la rétine ne possède pas les principes chimiques du nerf optique [1].

Les recherches d'anatomie comparée, déjà relatées, ont permis de constater la terminaison arétinienne du nerf optique dans la série animale [2].

L'ensemble de l'étude se trouve confirmé par les recherches de tératologie.

Dans l'année 1896 j'ai eu l'occasion d'observer en Italie un monstre énencéphale (*fig.* I) né à terme, bien conformé et qui a vécu deux jours [3].

J'ai constaté à l'autopsie à la place de l'encéphale la présence d'une tumeur dermique divisée en plusieurs lobes remplis d'une humeur rougeâtre. Les yeux très petits avec une rétine des plus minces ne possédaient pas les nerfs optiques.

De même chez les monstres cyclopes on a observé que l'œil, en général bien conformé, tout en possédant une rétine normale, est dépourvu du nerf optique. Pendant le mois d'octobre 1919 le Royal College de Chirurgiens de Londres a mis à ma disposition un monstre énencéphale (*fig.* II) né à terme et qui semble avoir vécu deux jours. J'ai constaté à l'autopsie pratiquée au Collège même des Chirurgiens l'absence complète de l'encéphale qui était remplacé dans sa totalité par une tumeur dermique.

Les globes oculaires d'un aspect normal possédaient des prolongements semblables aux nerfs optiques, lesquels nerfs étant restés à l'état embryonnaires sont désignés avec le nom de pédicules optiques.

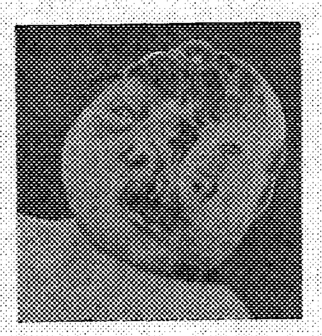
---

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1367.

[2] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1532; t. 165, 1917, p. 77; t. 172, 1921, p. 1376.

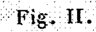
[3] *XIIIe Congrès international de Médecine*, Paris 1900 : Section de Physiologie, p. 161-172.

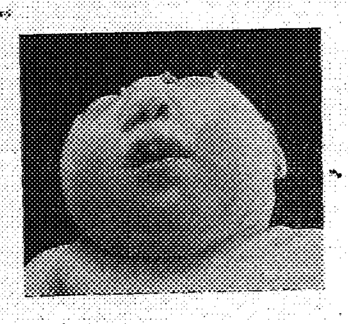
Fig. I.



Encéphale 1898 qui possédait les rétines sans les nerfs optiques.

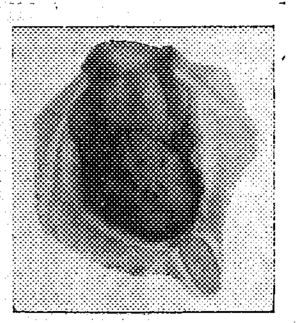
Fig. II.





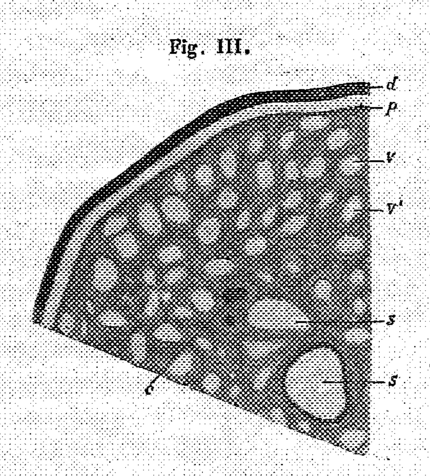
Encéphale de 1919 qui possédait les rétines avec les pédicules optiques.

Fig. V.



Distruction complète de l'uvée par traumatisme avec intégrité du nerf optique. (Musée du Royal College des Chirurgiens de Londres.)

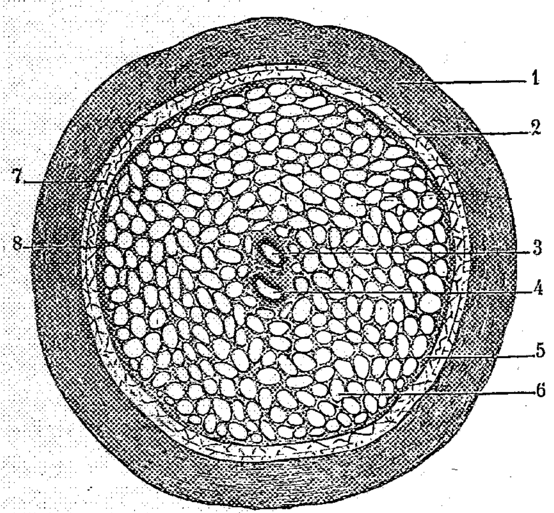
Fig. III.



Charpente des pédicules optiques chez l'encéphale 1919.

d, dure-mère; *p*, pie-mère; *v*, *v'*, tuyaux vides; *s*, *s*, vaisseaux sanguins; *e*, tuyaux remplis de sang coagulé.

Fig. IV.



Charpente conjonctive du nerf optique normal chez l'homme.

1, dure-mère; 2, arachnoïde; 3, artère centrale de la rétine; 4, veine centrale de la rétine; 5, pie-mère; 6, tuyau de tissu conjonctif pour les faisceaux nerveux; 7, espace subdural; 8, espace subarachnoïdal.

Ces pédicules optiques, sans former le chiasma, se confondaient dans la gouttière optique du corps du sphénoïde avec un tissu fibreux très résistant. Ils traversaient avec leur membrane durale la sclérotique plus épaisse que d'habitude.

La rétine, d'aspect normal, légèrement injectée de sang, s'insérait à la dure-mère des pédicules par un mince filet conjonctif. Ces minces filets conjonctifs, en augmentant de nombre, finissent chez l'adulte par constituer les fibres de soutien et d'attache de la rétine à la lame dite *criblée*.

Les coupes transversales des pédicules ont montré que ceux-ci étaient formés seulement par des tuyaux cylindriques, creux, et de diamètre inégal. Ces tuyaux avec des parois de tissu conjonctif présentaient un calibre inégal, ils se rangeaient les uns à côté des autres sans prendre une forme symétrique. Une trame conjonctive plus ou moins large séparait entre eux les tuyaux cylindriques qui, dépourvus de membrane propre et d'épithélium, se présentaient vides ou de temps à autre obstrués par du sang coagulé. On pouvait facilement dissoudre avec de l'acide acétique le sang coagulé et rendre vides les tubes ainsi obstrués. Dans chacun de ces tuyaux aurait dû s'emboîter chaque faisceau nerveux des nerfs optiques, faisceaux constitués toujours par des innombrables petits tubes nerveux remplis de neuroplasma. Mais puisque tout l'encéphale faisait défaut, les pédicules optiques possédaient seulement la charpente conjonctive avec les relatifs tuyaux vides et dépourvus de tubes nerveux (*fig.* III).

Cette description microscopique des pédicules optiques chez un énencéphale confirme de tout point les recherches embryologique [1] d'après lesquelles les pédicules optiques constitueraient, en quelque sorte, un organe de conduction apte à recevoir les tubes nerveux qui, des cellules ganglionnaires du cerveau (couche optique, tubercules quadrijumeaux), se dirigent vers la rétine.

Cette même structure des pédicules optiques chez un encéphale se rassemble, dans certaines limites, à la structure normale de la charpente conjonctive du nerf optique (*fig.* IV) déjà signalée par Morrs's chez l'homme [2].

Gowers relate que les lésions d'origine tabétique tout en provoquant une dégénérescence des nerfs optiques laissaient la rétine complètement normale [3].

---

(1) Oscar Hertwig, *Traité d'Embryologie*, 1900, p. 558-559.

(2) Morrs's, *Human Anatomy*, 5e édit., 1915, Part III, p. 1074.

(3) Gowers, *A manuel of diseases of the nervous system*, London, 1899, 3e édition, vol. 1, p. 480.

Par contre on a constaté qu'à la suite d'un traumatisme toute l'uvée (chez l'homme) a été complètement détruite tandis que le nerf optique restait intègre (*fig.* V).

Comme on voit, les recherches chimiques, anatomiques, embryologiques, cliniques et d'anatomie pathologique ne sont guère favorables à la conception actuelle qui considère la rétine comme un centre nerveux périphérique ou comme une sorte de ganglion membraneux d'où naissent la plupart des fibres du nerf optique (¹).

PATHOLOGIE. — *Sur certaines coïncidences de néoplasmes malins et sur les délais de leur apparition.* Note de M. **R. Bazin**, présentée par M. H. Vincent.

Nombreuses sont aujourd'hui les observations de maisons à cancer, de villages à cancer et même de cages de souris à cancer.

Ces faits sont diversement interprétés, mais il ne semble pas que ceux qui croient au rôle de la contagion aient, d'une manière générale, étudié l'intervalle de temps qui, dans une même maison, sépare l'apparition des différents cas de cancer.

Les exemples suivants permettraient tout au moins de poser le problème.

I. En 1908, Mme veuve R... entre comme domestique au service de M. Félix L.... En 1910, elle présente les premiers signes d'un cancer du sein. Elle meurt de cette affection le 5 septembre 1914, à l'âge de 64 ans.

En 1918, M. Félix L... commença à maigrir; il présentait depuis quelque temps déjà des alternatives de diarrhée et de constipation. En 1919, il était atteint d'un cancer inopérable du rectum : le Dr Guibé pratiqua un anus iliaque et 7 mois plus tard, le 30 juillet 1920, M. L... mourut à l'âge de 60 ans.

A noter que le frère de Mlle R... succomba en 1923 d'un cancer secondaire du foie.

II. En 1911, Mme G... est atteinte d'un cancer de l'estomac : elle meurt en 1913, à l'âge de 56 ans.

Pendant la dernière année de sa vie, elle fut soignée par Mme B.... En 1916, Mme B... remarqua dans son sein gauche une petite tumeur : ayant consulté un médecin en 1919, elle refusa l'opération proposée et mourut le 13 décembre 1921, à 70 ans, de cancer du sein.

III. Le 8 novembre 1920, Mlle L... mourut d'un cancer de l'intestin à l'âge de 75 ans.

(¹) Cajal, *Nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et les vertébrés*, Paris, 1895, p. 111.

Elle avait été soignée par Mme H... ; en 1922, Mme H... fut atteinte d'un cancer du pharynx, qui, malgré le traitement par le radium, l'emporta le 6 avril 1923, à l'âge de 64 ans.

IV. M. R... est réformé pour un néoplasme de l'œsophage : il meurt le 28 septembre 1919, à l'âge de 46 ans.

Sa femme, née M..., meurt le 26 juin 1922 d'un cancer secondaire du foie.

V. M. F... meurt en 1912, à l'âge de 67 ans, d'un cancer de l'estomac.

Mme F... qui habitait toujours la même maison, meurt également d'un cancer du foie en 1923. Elle avait 68 ans.

VI. Mme Charles B... meurt en 1902 d'un cancer de l'intestin. Son mari, dix ans plus tard, est atteint d'un cancer du foie et meurt en 1914.

Si l'on se reporte aux observations que j'ai publiées [1], on verra que dans une même maison est morte, en 1899, Mlle Félicité X..., atteinte d'un cancer du sein. Une chienne qui vivait dans cette maison abattue en 1904 avait une tumeur ulcérée de la mamelle. En 1909, le propriétaire de l'immeuble présenta des phénomènes d'entérite et mourut en 1912 à l'âge de 50 ans d'un cancer de l'intestin. Sa femme succomba en 1920 d'une tumeur cérébrale.

Dans une autre maison une chienne meurt en 1912 d'une tumeur de la mamelle; sa propriétaire meurt en 1918 d'un cancer de l'estomac; une autre chienne est prise de tumeur de la mamelle en 1920 et son propriétaire meurt en 1923 d'un cancer de l'estomac.

On doit évidemment faire toutes réserves sur l'hypothèse de la contagion. Si l'on admet celle-ci, la durée de l'incubation aurait été fort longue et varierait entre 2 et 12 ans. La tumeur serait donc, peut-être, la manifestation ultime d'une infection silencieuse, comme les gommes d'une syphilis dont les accidents primaire et secondaire auraient passé inaperçus.

Il serait imprudent de tirer des faits ci-dessus une conclusion prématurée; ils ne sont pas, cependant, exceptionnels et beaucoup de médecins ont observé des cas analogues. C'est pourquoi il serait utile de les recueillir et peut-être une étude d'ensemble permettrait-elle de découvrir les modes d'éclosion de cette maladie, dont jusqu'ici les origines nous échappent entièrement.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 150.

THÉRAPEUTIQUE. — *Étude de la phosphatémie chez les rachitiques et de ses variations sous l'influence des rayons ultraviolets.* Note [1] de MM. **E. Lesné, L. de Gennes** et **Ch.-O. Guillaumin**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons insisté dans une précédente Note sur les variations de la calcémie chez les enfants rachitiques sous l'influence des rayons ultraviolets. Nous avons depuis poursuivi un certain nombre de recherches sur la phosphatémie chez ces mêmes sujets.

L'attention a été attirée il y a plus d'un an par Howland et Kramer, puis par Hess et ses collaborateurs sur la faible teneur en phosphore inorganique du sérum sanguin chez les enfants rachitiques et chez les rats soumis à un régime pauvre en phosphate.

Toutes ces recherches portaient sur le phosphore inorganique du sérum. En réalité la question est plus complexe et les variations de la phosphatémie peuvent porter sur trois ordres d'éléments.

α. *Le phosphore inorganique* ou phosphore salin dont les chiffres s'expriment facilement en PO^4H^3.

β. *Le phosphore organique* qui ne peut être dosé qu'après destruction de la molécule par calcination ou minéralisation.

γ. *Le phosphore lipoïdique* ou phosphatide dont les composants les plus intéressants sont les lécithines.

En pratique les deux chiffres importants à connaître sont ceux du phosphore salin et du phosphore organique.

1° *La phosphatémie chez l'enfant sain.* — Nous nous sommes d'abord efforcés d'établir le taux de la phosphatémie chez l'enfant sain. Hess et ses collaborateurs ayant insisté sur les variations saisonnières de ces chiffres nous avons groupé toute cette première série de dosages entre les mois de juin et de juillet.

Le chiffre moyen est de $4^{mg},8$ par 100^{cm^3} de sérum.

Les résultats ont été sensiblement égaux dans les deux sexes mais nous ont paru notablement modifiés par le mode d'alimentation, leur moyenne restant à 4,5 chez les enfants nourris au biberon et s'élevant à 5,3 chez les enfants nourris au sein.

D'autre part, la phosphatémie semble s'élever notablement après les repas; aussi avons-nous effectué tous nos dosages chez des enfants à jeun.

Nous avons employé la méthode colorimétrique de Doisy et Bell légè-

---

(1) Séance du 19 novembre 1923.

rement modifiée par l'un de nous. Les résultats obtenus en PO^4H^3 sont ramenés à l'unité phosphore en divisant le chiffre initial par 3,16.

2° *La phosphatémie chez les rachitiques.* — Chez les enfants atteints de rachitisme en évolution accompagné de lésions osseuses évidentes, la diminution des chiffres du phosphore nous a paru constante et manifeste, et l'hypophosphatémie peut descendre jusqu'à moins de la moitié des chiffres normaux.

α. Dans les cas de rachitisme floride, chez les enfants exempts de toute syphilis héréditaire, nous avons constamment observé une diminution du phosphore inorganique du sérum variant entre 40 et 50 pour 100, et nous avons pu obtenir une moyenne de 3^{mg} par 100^{cm^3} de sérum (contre 4,8, chiffre normal).

β. L'hypophosphatémie nous a paru plus considérable encore dans le rachitisme précoce hérédo-syphilitique.

Dans les deux cas que nous avons pu observer, elle s'abaissait aux chiffres extrêmes de $1^{mg},8$ et $1^{mg},3$ pour 100^{cm^3} de sérum.

γ. Au contraire, au cours des lésions rachitiques anciennes et fixées, le taux de la phosphatémie semble rester normal.

3° *Action de la lumière sur le phosphore inorganique du sérum.* — Nous avons soumis à l'irradiation lumineuse d'une lampe à arc de 1200 bougies située à une distance de $0^m,80$, un certain nombre des enfants rachitiques chez qui nous avions pu déterminer par plusieurs dosages successifs le taux fixe du phosphore inorganique.

Nous avons pu constater une élévation rapide du taux du phosphore qui débute dès la quatrième séance d'irradiation et atteint son maximum en 15 jours environ.

Les chiffres s'élèvent régulièrement jusqu'à la normale qu'ils peuvent même passagèrement dépasser, atteignant les limites extrêmes de 7^{mg}, 8^{mg} et 9^{mg} par 100^{cm^3} de sérum.

Cette élévation de la phosphatémie n'est pas parallèle à celle de la calcémie. Elle est plus précoce, plus constante, plus considérable et semble la conditionner.

4° *Action des rayons ultraviolets sur le phosphore organique.* — Dans une seconde série d'expériences effectuées à l'aide de la lampe de quartz à vapeurs de mercure, nous nous sommes efforcés d'étudier les variations du phosphore organique et leurs rapports avec celles du phosphore salin.

Le phosphore organique se trouve dans le sérum à l'état de composés

infiniment plus stables que le phosphore salin et ses variations sont beaucoup plus faibles.

Les chiffres du phosphore organique semblent rester normaux chez les enfants rachitiques. Ils se maintiennent aux environs de $7^{mg},5$ pour 100^{cm^3} de sérum, quel que soit l'abaissement du phosphore inorganique.

Nous avons soumis nos sujets aux rayons directs de la lampe de quartz à vapeurs de mercure à une distance de 90^{cm} par séances quotidiennes, de durées croissantes de 2 à 10 minutes, pendant 12 jours consécutifs.

Les résultats ont été très nets :

Tandis que le phosphore inorganique s'élevait constamment et très rapidement dans des proportions du simple au double, les chiffres du phosphore organique ont subi également une élévation constante mais beaucoup moins considérable qui n'excède pas en général 1 à 2 milligrammes pour 100^{cm^3} de sérum.

Conclusions. — En résumé nous pouvons conclure de cette étude que :

1° Pendant la période active du rachitisme, le taux du phosphore sanguin est constamment et considérablement abaissé au point qu'on peut faire de cet abaissement un véritable stigmate nouveau du rachitisme.

Cette déficience porte surtout sur le phosphore salin, les chiffres du phosphore organique ne subissant qu'une diminution faible et inconstante.

2° Sous l'action des rayons ultraviolets (lampe à arc ou lampe de quartz à vapeurs de mercure) le taux de la phosphatémie saline s'élève rapidement, souvent du simple au double et parfois davantage.

Les chiffres du phosphore organique s'élèvent dans des proportions beaucoup moins importantes.

3° Les variations de la phosphatémie dans le rachitisme semblent bien plus constantes et surtout bien plus considérables, que celles de la calcémie sur laquelle nous avons attiré l'attention dans une précédente Note.

Les résultats semblent aussi moins durables et le traitement du rachitisme par la lumière doit, s'il veut être actif, être prolongé longtemps par des séries d'irradiations discontinues.

MICROBIOLOGIE. — *Hémolyse alexique et protéolyse.* Note de M. **E. Wollman** et Mlle **I.-A. Graves**, présentée par M. Roux.

De nombreux auteurs (Buchner, Ehrlich, Metchnikoff, Kiss, Scheller) assimilent l'alexine aux diastases. Cette façon de voir est basée sur

certaines propriétés de l'alexine, ainsi que sur l'analogie qu'il semblait y avoir entre le complexe sensibilisatrice-alexine et le complexe entérokinase-trypsine.

On ne possède pas pourtant de preuves directes de l'action protéolytique de l'alexine. Nolf[1] n'a pu déceler de peptones dans les milieux contenant des globules rouges hémolysés. Plus récemment Landsteiner et Lampl[2], en soumettant à l'action de l'alexine le précipité formé au contact de sérum de cheval et d'un sérum lapin anti-cheval, n'ont pu constater de changement dans le poids du précipité traité.

L'une et l'autre des méthodes employées : recherche des produits de la digestion, pesée directe de l'albumine avant et après la digestion, présentent, on le sait, de très grandes difficultés lorsqu'il s'agit d'actions protéolytiques de faible intensité. Il nous a donc paru intéressant d'appliquer à l'étude de l'hémolyse une réaction bactériologique très simple de la protéolyse que l'un de nous a décrite il y a quelques années[3] et dont voici le principe.

Ensemencé dans des milieux albuminoïdes divers, le *B. coli* y cultive plus ou moins abondamment, mais sans produire d'indol. Dès qu'une action protéolytique vient à se produire, l'indol apparaît dans la culture, à cette seule condition que les albumines employées renferment du tryptophane. Cette réaction s'est montrée être d'une régularité et d'une sensibilité très grandes; elle permet, pour certaines peptones, de déceler des quantités inférieures à $0^g,0002$[4].

Avant d'appliquer cette méthode à l'étude du mécanisme de l'hémolyse, il fallait s'assurer que les protéines constitutives des globules rouges renferment du tryptophane.

Expérience. — On ensemence du *B. coli* dans une série de tubes contenant des dilutions croissantes d'une suspension normale (c'est-à-dire ramenée au volume primitif du sang) d'hématies de mouton ayant subi la digestion tryptique. La réaction de l'indol (au *p*-diméthylamidobenzaldéhyde) a été pratiquée au bout de 48 heures. En voici les résultats :

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, t. 14, p. 656.
(2) *Zeitschr. f. Immun.*, t. 26, p. 193.
(3) *C. R. Soc. biol.*, t. 82, p. 1263.
(4) *Bull. Soc. Ch. biol.*, t. 5, p. 253.

		Indol.
Tube 1, dilution à 1 pour	20	++++
» 2 »	40	+++
» 3 »	80	++
» 4 »	160	++
» 5 »	320	+
» 6 »	640	+

La richesse en tryptophane des protéines globulaires est confirmée par l'expérience suivante dans laquelle les hématies ont été soumises à l'hydrolyse acide.

Expérience. — Des hématies de mouton lavées à 6 reprises sont soumises à l'hydrolyse par l'acide sulfurique. Après précipitation par la baryte, le milieu est filtré et dilué de manière à renfermer environ une partie de globules hydrolysés pour soixante. Le *B. coli* ensemencé dans ce milieu donne au bout de 48 heures une réaction de l'indol correspondant à l'indice + + +.

Si donc l'hémolyse alexique comportait une désintégration des protéines globulaires on devrait, en ensemençant du *B. coli* dans le milieu renfermant des hématies hémolysées, obtenir une réaction de l'indol positive. Or, il n'en est rien. En faisant hémolyser des quantités relativement énormes de globules rouges sensibilisés (correspondant à 1 pour 20 ou même 1 pour 2 de suspension normale) et en y ensemençant ensuite du *B. coli*, on trouve constamment une réaction de l'indol négative. On est donc en droit de conclure, en confrontant ce résultat avec celui des expériences rapportées plus haut, que *la lyse alexique n'est pas liée à une digestion des protéines globulaires.*

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

N° 22

TABLE DES ARTICLES (Séance du 26 Novembre 1925)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

	Pages
M. E.-L. Bouvier. — *Ormiscodes gregatus*, Saturnien dont les chenilles édifient en société des bourses complexes. ..	1081
M. G. Friedel. — Sur les inclusions noires contenues dans les diamants du Cap....	1085
M. Pierre Termier présente à l'Académie l'ouvrage de M. *Léopold Kober*, professeur de Géologie à l'Université de Vienne.	1087

ÉLECTIONS.

M. Aimé Cotton est élu Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *J. Violle*, décédé.	1089

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance.	1089
Mme Vve Wyrouboff adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari....	1089
MM. Gaston Bertrand, Chopart, Gaston Delépine, H. Humbert, Robert Noël, Eugène Rothé et Wolf-Maurice Stern, Herbert Edwards Soper, Eugène Tassilly adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.	1089
M. Harald Bohr. — Sur l'approximation des fonctions presque périodiques par des sommes trigonométriques.	1090
M. Pierre Humbert. — Sur les confluences de la série de Clausen.	1093
M. Léon Pomey. — Sur les équations intégro-différentielles linéaires à plusieurs variables.	1094
M. René Lagrange. — Sur les systèmes adjoints d'équations différentielles linéaires.	1096
M. Paul Sonier. — Plaques minces rectangulaires simplement encastrées.	1099
M. Ernest Esclangon. — Le vol plane sans force motrice.	1102
M. C.-E. Guye. — Sur l'entraînement du gaz dans la rotation électromagnétique de la décharge électrique.	1104
MM. R. Mesny et P. David. — Les ondes très courtes en radiotélégraphie.	1106
M. Paul Woog. — Résistance à la rupture, compression latérale et équilibre des couches monomoléculaires de divers corps étendus sur l'eau.	1107
M. René Audubert. — Influence de la polarisation sur les effets photovoltaïques. Mécanisme du phénomène.	1110
MM. L. Pouget et D. Chouchak. — Radioactivité des eaux minérales d'Algérie....	1112
M. A. Lassieur. — Dispositif d'électrolyse par potentiels gradués.	1114
M. Camille Matignon. — Nouvelle réaction génératrice du strontium.	1116
M. Faillebin. — Sur l'hydrogénation de certaines cétones en présence du noir de platine pur ou impur.	1119
M. A. Doucet. — Action du xanthydrol sur la semicarbazide, les semicarbazides substituées, les semicarbazones et la benzoylhydrazine.	1120
M. P. Gaubert. — Sur les propriétés optiques du graphite et de l'oxyde graphitique.	1123

N° 22.

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (*suite*)

	Pages.
M. David Rotman-Roman. — Contributions à la lithologie de l'Yemen; I. Roches de profondeur et roches filoniennes non différenciées (une série hololeucocrate).	1126
M. Albert Michel-Lévy. — Sur quelques roches éruptives des environs de Toulon (Var)	1128
MM. Léon Bertrand et Léonce Joleaud. — Sur les relations des terrains cristallins et sédimentaires dans la partie occidentale de Madagascar, entre la Betsiboka et la Tsiribihina	1130
M. R. Dongier. — Mesures magnétiques effectuées dans le Dauphiné, la Savoie et la Bresse	1133
M. Beaulard de Lenaizan. — Sur le tremblement de terre du 19 novembre 1923	1135
M. Lucien Daniel. — Nouvelles recherches sur la migration de l'inuline dans les greffes de Composées	1135
M. A. Guilliermond. — Nouvelles observations sur l'évolution du chondriome dans le sac embryonnaire des Liliacées	1138
M. P. Lecomte du Nouy. — Signification de la chute maxima de tension superficielle du sérum sanguin	1140
MM. L. Mercier et Raymond Poisson. — Contribution à l'étude de l'atrophie des ailes et des muscles du vol chez les *Forticulidæ*	1142
M. Alain Caillas. — Sur la composition de la propolis des Abeilles	1145
M. Louis Boutan. — Les deux zones de l'épithélium externe du manteau et leur influence sur la qualité des perles chez les Mollusques	1147
MM. L. Fage et R. Legendre. — Les danses nuptiales de quelques Néréidiens	1150
M. Boris Ephrussi. — Action d'une température élevée sur la mitose de segmentation des œufs d'oursin	1152
M. Nicola Alberto Barbieri. — Présence de la rétine et absence des nerfs optiques chez les monstres énencéphales	1155
M. R. Bazin. — Sur certaines coïncidences de néoplasmes malins et sur les délais de leur apparition	1158
MM. E. Lesne, L. de Gennes et Ch.-O. Guillaumin. — Étude de la phosphatémie chez les rachitiques et de ses variations sous l'influence des rayons ultraviolets	1160
M. E. Wollman et Mlle I.-A. Graves. — Hémolyse alexique et protéolyse	1162

70755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie
Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 23 (3 Décembre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Lasareff**, Membre de l'Académie des Sciences de Petrograd, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégrales définies se rattachant à la constante* C *d'Euler*. Note de M. **Paul Appell.**

En désignant par (n) l'indice d'une dérivée d'ordre n et par log un logarithme népérien, nous avons

$$\Gamma_1^{(n)} = \int_0^\infty e^{-u}(\log u)^n\,du, \qquad \Gamma_{\frac{1}{2}}^{(n)} = \int_0^\infty u^{-\frac{1}{2}} e^{-u}(\log u)^n\,du;$$

posons ensuite

$$S_k = 1 + \frac{1}{2^k} + \frac{1}{3^k} + \ldots + \frac{1}{n^k} + \ldots.$$

L'intégrale $\Gamma_1^{(n)}$ s'exprime par un polynome $P_n(C)$, de degré n en C, dont les coefficients contiennent les sommes S_k (k entier); l'intégrale $\frac{1}{\sqrt{\pi}}\Gamma_{\frac{1}{2}}^{(n)}$ s'exprime de même par un polynome $Q_n(D)$ obtenu en remplaçant, dans $P_n(C)$, la constante C par $D = C + 2\log 2$ et S_k par $(2^k - 1)S_k$. On trouve, par exemple, S_2 étant, comme il est bien connu, égal à $\frac{\pi^2}{6}$,

$$\Gamma_1' = -C, \qquad \Gamma_1'' = C^2 + S_2, \qquad \Gamma_1''' = -C^3 - 3S_2C - 2S_3,$$

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\Gamma_{\frac{1}{2}}' = -D, \qquad \frac{1}{\sqrt{\pi}}\Gamma_{\frac{1}{2}}'' = D^2 + 3S_2, \qquad \frac{1}{\sqrt{\pi}}\Gamma_{\frac{1}{2}}''' = -D^3 - 9S_2D - 14S_3.$$

On a, ainsi qu'on peut le vérifier sur les polynomes précédents,

$$\frac{dP_n}{dC} = -nP_{n-1}, \quad \frac{dQ_n}{dD} = -nQ_{n-1}.$$

Je compte donner les calculs, avec quelques formules complémentaires, dans un autre recueil.

GÉOLOGIE. — *Sur les nappes de recouvrement du Nord-Ouest Africain.* Note de M. **Louis Gentil.**

La question des nappes de charriage dans l'Afrique du Nord a son importance, au multiple point de vue de la structure, du relief du sol et des applications diverses de la géologie dans notre empire colonial méditerranéen.

Nous avons appelé l'attention de l'Académie sur ces phénomènes de recouvrement, MM. Lugeon, Joleaud et moi en 1918 (¹), tandis que je révélais leur extension dans le couloir de Taza où une nappe éocène a chevauché les dépôts du détroit Sud-Rifain (²).

Depuis cette époque de nombreuses discussions ont été soulevées, sinon à propos de la région de Taza, du moins au sujet de l'existence même de nappes de recouvrements dans l'Afrique du Nord.

Je crois devoir apporter de nouvelles précisions sur cette question, et il me semble, à cet égard, que la coupe géologique la plus instructive de tout le Nord marocain est celle que l'on peut relever suivant le méridien de Taza, en se déplaçant du Sud vers le Nord.

Ainsi que je l'ai déjà montré, le détroit Sud-Rifain était ouvert dès le Burdigalien.

Cet étage est représenté sous le Fort Kappler, près de Taza, par un petit poudingue et des grès grossiers renfermant une faunule caractérisée par *Flabellipecten incrassatus* Partsch, avec *Fl. fraterculus* Sow., *Pecten praescabriusculus* Font., *P. Josslingi* Sm. var. *loevis* Cotter, *Amussium subpleuronectes* d'Orb. sp.

Ce conglomérat de base s'appuie, légèrement relevé vers le Sud, sur des calcaires jurassiques. Il est, ainsi que les grès grossiers, surmonté d'une série marneuse puissante pouvant encore appartenir au Burdigalien dans ses assises inférieures et représentant, pour la plus grande partie, l'Helvétien. Ce sont des marnes d'un gris blan-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 217, 290, 472 et 614.

(²) *Bull. Soc. Géol. de France*, séance du 4 mars 1918.

châtre ou bleuâtre, plus ou moins sableuses, à facies de Schlier, qui se développent sur une épaisseur pouvant atteindre 200^{m}. J'ai recueilli dans ces marnes, à environ 5^{km} au sud-est de Taza : *Lutraria oblonga* Chtz., *Venus multilamella* Lmk., *Tellina donacina* L., *Arca diluviana* L., *Leda fragilis* Chtz., *Cardium turonicum* Mayer, *Flabellifecten fraterculus* Sow., *Meretrix islandicoides* Lmk., *Pecten cristatocristatus* Sacc., *Scaphander lignarius* L., *Natica* sp., *Pyrula* sp., *Turritella turris* Bast. Cette faune est helvétienne; elle se trouve à la base des marnes bleues à facies de Schlier où j'avais signalé antérieurement *Clypeaster marginatus* Lmk. et *Cl. decemcostatus* Pomel, caractéristiques du deuxième étage méditerranéen (Helvétien).

Ces nappes se développent, au Nord, dans la vallée de l'Innaouen. Dans la coupure de cette rivière, sur la rive droite, j'ai recueilli dans les mêmes dépôts, à un niveau un peu plus élevé : *Tellina planata* L., *T. donacina* L., *Amussium cristatum* Bronn., *Arca diluviana* L., *Genota* cf. *Craverii* Bell., *Schizaster* indét. (¹).

Enfin dans la haute vallée de l'oued Innaouen, notamment au sud d'Ar'bal, la série marneuse est surmontée de poudingues à gros galets de roches jurassiques paléozoïques cimentés par un grès jaune argilo-sableux renfermant en abondance *Ostrea crassissima* Lmk. Cette assise, épaisse d'une quarantaine de mètres, termine le deuxième étage méditerranéen et représente le Tortonien.

Plus au nord de Taza, sur la rive droite de l'oued Innaouen, les marnes bleues miocènes sont dominées par un escarpement (Bab Kassem, Bab ben Selah, etc.), au pied duquel affleurent des marnes bariolées gypsosalifères du Trias lagunaire, tandis que la falaise elle-même marque la limite d'un grand développement de terrains éocènes dont j'ai antérieurement révélé l'existence.

En effet, des grès et sables glauconieux, de la vallée de l'oued el Hadar, renferment *Voluta depressa* et *Cucullaea crassatina* du Thanétien ; des marnes olivâtres épaisses, avec bancs de calcaires marneux et des marnes blanchâtres à silex noirs renferment, dans la vallée de l'oued Lârbâ, des lits phosphatés avec *Otodus obliquus* Agassiz, *Odontaspis elegans* Az., etc., de l'Éocène inférieur. A Bab Moroudj, à environ 25^{km} au nord de Taza, cette série éocène offre de gros bancs de calcaires à *Lithothamnium* avec *Ostrea gigantica* Solander, *Chlamys subtripartitus* d'Arch., avec petites Nummulites et, près du col de Bou Djenan, des calcaires pétris de Nummulites offrent *Nummulites atacicus* Lym., *N. Bolcensis* Mun. Ch., *N. irregularis* Desh., qui caractérisent le Lutétien inférieur. Plus au Nord encore j'ai vu affleurer une série de grès et de schistes qui m'est apparue comme représentant le Flysch éocène-oligocène, si répandu dans l'Afrique du Nord et, au Maroc, dans la région de Tanger.

La série miocène se développe régulièrement, du Sud vers le Nord, jus-

(¹) M. G. Lecointre a signalé des éléments de faune synchronique dans la région de Taza (*C. R. som. Soc. Géol. de Fr.*, 17 mai 1920, p. 102). Je le remercie vivement des comparaisons qu'il a bien voulu faire de mes matériaux avec ses documents.

qu'au pied de la falaise triasique et éocène de Bab Kassem et l'Éocène est *manifestement* en recouvrement sur les marnes du deuxième étage méditerranéen. Les dépôts éocènes forment une vaste nappe de charriage, poussée du Nord vers le Sud sur le Néogène, avec interposition de Trias lagunaire laminé et étiré.

On peut d'ailleurs s'en rendre compte au simple examen de la carte géologique générale du Maroc que j'ai publiée en 1921 (1). On y voit, en effet, le Miocène affleurer, sur une bande étroite, entre Taza et Sidi Abdallah, dans la vallée de l'Innaouen, pour s'étaler, à l'Est, vers la Mlouya, à l'Ouest, vers Fez; tandis que l'Éocène recouvre, au nord de l'Innaouen, de grandes surfaces qui se poursuivent vers le Nord-Ouest, jusqu'au détroit de Gibraltar.

Les contours de ces terrains paléogènes, entre Fez et Taza, que j'ai reportés sur eette carte d'après mes propres levés de détails, sont particulièrement instructifs. Toutes les vallées affluentes de l'Innaouen descendent du Nord vers le Sud, échancrent la nappe éocène pour laisser affleurer le Miocène, témoignant ainsi de la superposition anormale de l'Éocène sur le Miocène. De plus, le contour de l'Éocène montre de fréquents affleurements de Trias lagunaire en bandes étroites, discontinues.

On peut observer ce phénomène, notamment aux environs même de Taza et dans la vallée de l'oued Amelil. De ce côté, le front de la nappe éocène s'avance jusque sur les schistes anciens, au col de Touahar : la nappe a, en ce point, chevauché toute la largeur du détroit Sud-Rifain, y compris les couches de base à *Flabellipecten incrassatus*. Et, à Koudiat el Abiod, on peut observer sur les marnes helvétiennes à *Clypeaster marginatus*, un rocher formé de schistes anciens, avec filon de quartz qui n'est autre qu'un lambeau de poussée (ou une Klippe) en relation avec la nappe éocène qui n'en est séparée que par la coupure de l'Innaouen.

Au nord de Taza, la nappe éocène est fortement repliée sur elle-même. Il y a contact par faille avec les marnes à facies de Schlier et l'on peut voir que celles-ci ont été comprimées, refoulées, sous la pression gigantesque qu'a exercé la nappe en mouvement. Ces marnes ont pris ici une consistance dure, elles se débitent plus difficilement en fragments à structure conchoïde, prenant ainsi le facies du « Cartennien » qui se présente, à mon sens, toutefois que les marnes du Schlier, quel que soit leur horizon stratigraphique, se trouvent au bord de massifs plissés.

---

(1) *Carte géologique provisoire du Maroc à* 1500000e (E. Larose, éditeur, Paris, 1921).

Quant aux marnes bariolées triasiques, elles affleurent à ce contact, interposées entre les marnes calcaires à silex éocène et les marnes miocènes.

Si l'on se déplace vers le Nord on recoupe une série de plis de l'Éocène, grossièrement alignés Est-Ouest, toujours déversés vers le Sud et laissant apparaître, dans des anticlinaux aigus éventrés par l'érosion, soit le Trias, soit les marnes du Schlier.

L'apparition du Miocène autochtone se fait à quelque 20^{km} au nord du front de la nappe, au Dj. Rouf. On trouve, de ce côté, une *fenêtre* assez étendue entaillée dans la nappe. Cette fenêtre est entourée de toutes parts d'une bordure éocène avec marnes bariolées et gypses du Trias fortement laminés et formant une bande discontinue autour de l'affleurement miocène. De petits témoins triasiques, sur les marnes néogènes, témoignent encore de leur situation en recouvrement.

Dans cette même région se montre, reposant sur le Trias, un lambeau de grès coquiller, sorte de lumachelle ocreuse, surmontée d'une molasse à grands Pectinidés dans laquelle j'ai recueilli : *Venericardia Jouanneti* Bast., var. *læviplana* Dep., *Pectunculus* sp., *Flabellipecten fraterculus* Sow., *Pecten Kochi* Locard, *P. revolutus* Mich., *P. Reussi* Hoernes, *Chlamys multistriata* Poli, *Natica* sp., *Pyrula geometra* Bors., et, dans la molasse : *Pecten latissimus* Brocc. et *P. gigas* Schl.

Cette faune caractérise le Tortonien. Il m'a semblé que les dépôts qui la renferment étaient postérieurs à la nappe de charriage, mais je n'ai pu pousser mes observations en ce point : je ferai donc quelque réserve à ce sujet.

Ainsi, l'existence d'une nappe éocène qui s'est avancée sur les dépôts exondés du détroit Sud-Rifain jusqu'aux approches de Taza me paraît indiscutable. Cette nappe repose sur les marnes du deuxième étage méditerranéen avec interposition d'un Trias lagunaire laminé, étiré. Elle s'étend partout, au sud et à l'ouest des crêtes du Rif, dans la grande dépression orographique du détroit Sud-Rifain.

J'estime que c'est à cette nappe de recouvrement que se rattachent tous les phénomènes tectoniques de la vallée moyenne du Sebou.

Je ne crois plus à la nécessité d'admettre l'existence d'une nappe triasique indépendante ainsi que nous l'avons fait en 1918, MM. Lugeon, Joleaud et moi. Il me paraît plus simple d'admettre que le Trias lagunaire, formé surtout de roches plastiques, a été refoulé, poussé par la nappe éocène en progression ; mais je ne crois pas, après de nombreuses observations faites depuis 1918, qu'il ait existé une nappe triasique qui aurait précédé le cheminement de la nappe éocène.

De même, je pense qu'il faudra renoncer à envisager l'existence d'une nappe jurassique dans le massif du Zerhoun-Tselfat. De nombreuses études ont été faites dans cette région, suscitées par la recherche du pétrole, et il me paraît difficile d'admettre qu'on se trouve là dans une région de vraies nappes : j'y vois plutôt une région d'écailles ou de plis imbriqués n'ayant que très peu chevauché l'un sur l'autre. J'en dirai autant du noyau jurassique du Djebel Zalar, situé au nord de Fez. Ici, comme là, le Jurassique est enraciné. Il me semble beaucoup plus simple d'admettre que ces écailles résultent d'un refoulement du Jurassique et des marnes miocènes autochtones en avant et très près de la zone frontale de la nappe éocène, refoulement trop léger pour donner lieu à la formation de nappes.

A l'est de Taza, l'Éocène est encore en recouvrement sur le Miocène au Dj. Khlalka, au Dj. Goribis, etc., et, dans la zone littorale, les mêmes phénomènes tectoniques se relient à ceux que j'ai étudiés dans l'Oranie occidentale. Mais, de ce côté, la nappe éocène a laissé place à une nappe jurassique, surtout liasique, avec interposition de Trias lagunaire.

J'ai montré l'existence de ces phénomènes dans la zone d'influence espagnole, chez les Kebdana. Au delà de la frontière algéro-marocaine, j'ai observé de très beaux phénomènes de chevauchement du Lias sur le Miocène, notamment au Dj. Zendal, avec bordure de Trias laminé. Des lambeaux épargnés par l'érosion s'échelonnent sur une dizaine de kilomètres de profondeur tandis que le massif des Beni Snassen et le Dj. Filhaoucen offrent un régime de plis imbriqués, légèrement refoulés sur l'avant-pays de la nappe liasique. Et l'on peut, de proche en proche, relier ces lambeaux de recouvrement à celui de Dj. Tadjera, dans le massif des Trara où j'ai montré, dès l'année 1902, que le Lias, enraciné au bord de la mer, était refoulé sur le Miocène, toujours avec interposition de Trias lagunaire laminé. Il est à remarquer que, dans cette région oranaise, le régime tabulaire est situé non loin de là, dans les monts de Tlemcen et que les dépôts miocènes de la Mlouya et de la Tafna, en continuité sous la plaine d'Angad, ont été comprimés, ici, comme au seuil de Taza : ils se trouvent encore là sur le trajet de l'ancien détroit Sud-Rifain.

MÉCANIQUE. — *Sur l'emploi des volants dans les groupes électrogènes et sur les dangers de résonance des arbres des moteurs à explosion qui les commandent.* Note de M. A. Blondel.

I. *Emploi d'un volant* I_1 *pour réduire les oscillations de la masse* I_2 *de la dynamo.* — J'ai traité ce problème assez complètement, il y a trente ans, à l'occasion du couplage des alternateurs [1], puis de l'entraînement des dynamos [2]. J'ai montré que :

1° La liaison élastique modifie l'amplitude des oscillations suivant le rapport

$$\frac{1}{1-\frac{n^2T^2}{\tau^2}}$$

en appelant n le rang de l'harmonique, τ la période du couple, T celle d'une inertie $K=\frac{I_1I_2}{I_1+I_2}$ soumise à l'action du couple élastique de liaison C.

On doit faire en général $T^2 > 2\tau^2$.

2° On a avantage à employer les liaisons amorties, ce qui explique les bons résultats de l'accouplement Raffard.

3° Pour réaliser le meilleur effet avec une inertie totale donnée I_1+I_2, on devra prendre $I_1=I_2$, c'est-à-dire *partager également l'inertie entre l'arbre moteur et l'arbre récepteur.*

Le calcul, dans lequel on suppose l'arbre moteur rigide, ne peut donner aucune indication sur la fatigue de cet arbre, car le couple exercé par l'arbre sur le volant et dont dépend le travail de l'arbre, est forcément égal au couple moteur lui-même, qui est supposé transmis intégralement au volant I_1.

II. *Risque de résonance de l'arbre du moteur.* — Le calcul qui précède ne peut pas indiquer le risque de résonance de l'arbre du moteur parce que ce dernier présente par lui-même une certaine inertie et une certaine élasticité dont il n'a pas été tenu compte. La manière la plus schématique de traiter ce second problème, c'est de représenter l'ensemble du système

(1) *La Lumière électrique*, 19 novembre 1892, p. 363, et *Bull. Soc. Int. des Électriciens*, 1893, p. 147.

(2) *Bull. Soc. Int. des Électriciens*, t. 12, 1895, p. 18. Voir aussi *ibidem* des Communications de MM. C.-E. Guillaume, Arnoux, Desroziers.

tournant par trois inerties; celle I_1 de l'arbre et de ses vilebrequins supposés concentrés en une seule masse; l'inertie I_2 du volant placé au bout d'arbre et relié à la première masse par la torsion de l'arbre ramené à la demi-longueur de celui-ci; enfin l'inertie I_3 du volant et de l'induit de la dynamo entraînée par les ressorts de l'accouplement élastique; ces inerties I_1, I_2, I_3 sont reliées par deux systèmes élastiques à coefficients de torsion C_1 et C_2 applicables respectivement à l'arbre et à l'accouplement élastique.

La fatigue de l'arbre est une fonction des oscillations propres du système formé par l'arbre et les deux inerties qui sont à ses deux bouts, et sera mesurée par le couple $C_1\Theta_1$, en appelant Θ_1 l'angle de torsion de l'arbre.

Si le couple produit par le moteur était sinusoïdal, il ne pourrait y avoir de danger qu'en cas d'égalité entre la période de ce couple qui produit des oscillations forcées et la période propre des oscillations libres (modifiées par l'amortissement). Les dangers de rupture d'arbre seraient donc excessivement faibles et faciles à éviter.

En réalité, il en est autrement avec les moteurs à explosion parce que ceux-ci donnent des courbes de couples présentant des discontinuités brusques, discontinuités qui, répétées périodiquement, peuvent donner lieu à toute la série des harmoniques d'ordres multiples par rapport à la période fondamentale. En effet, la période fondamentale est celle donnée par un seul des pistons, mais comme elle est dissymétrique, elle contient des harmoniques non seulement impairs, mais pairs.

On peut simplifier beaucoup l'écriture des équations en introduisant directement les amplitudes de la partie variable du couple et en faisant abstraction de la partie constante, qui s'élimine toujours d'elle-même dans les équations si l'on suppose le couple résistant constant, car ce dernier est alors égal à la partie constante du couple moteur.

Le couple variable étant formé d'une série de termes harmoniques g_n représentés par la formule

$$g_n = \Gamma_n \sin n\,(\Omega t + \gamma_n), \tag{1}$$

nous représenterons son amplitude en grandeur et en phase, en notations complexes, par la formule

$$\Gamma_n(\cos n\gamma_n + j\sin n\gamma_n), \tag{2}$$

en désignant par j le symbole des imaginaires $\sqrt{-1}$.

Dans les mêmes notations complexes, les angles α, décrits par les masses

présentant de l'inertie, ont leurs dérivées représentées par les équations symboliques :

$$(3) \qquad \frac{d\alpha}{dt} = jn\Omega\alpha; \quad \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -(n\Omega)^2\alpha; \quad \frac{d\Theta}{dt} = jn\Omega\Theta; \quad \ldots .$$

Cela posé, si l'on appelle I_1 l'inertie supposée concentrée de l'arbre et de ses manivelles, α_1 l'angle qu'il décrit; I_2 l'inertie du volant et α_2 l'angle qu'il décrit; I_3 l'inertie de la dynamo accompagnée de son volant, les deux volants étant reliés par un accouplement élastique, α_3 l'angle qu'il décrit; C_1, C_2 les coefficients de torsion de l'arbre de l'accouplement; Δ_1, Δ_2 les angles de torsion, on peut écrire directement les cinq équations du système en *amplitudes* sous la forme (4) :

$$(4) \qquad \begin{cases} C_1\Theta_1 - (n\Omega)^2 I_1\alpha_1 = \Gamma_n, \\ \alpha_1 - \alpha_2 - \Theta_1 = 0, \\ C_1\Theta_1 + (n\Omega)^2 I_2\alpha_2 - C_2\Theta_2 = 0, \\ \alpha_2 - \alpha_3 - \Theta_2 = 0, \\ C_2\Theta_2 + (n\Omega)^2 I_3\alpha_3 = 0. \end{cases}$$

Ces cinq équations sont linéaires et la première seule a un second membre. La résolution se fait donc très facilement par la méthode classique des déterminants; le déterminant des coefficients des cinq variables rangées dans l'ordre, α_1, Θ_1, α_2, Θ_2, α_3, s'écrit immédiatement :

$$(5) \qquad \Delta = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} \alpha_1 & \Theta_1 & \alpha_2 & \Theta_2 & \alpha_3 \end{array} \\ \begin{vmatrix} -(n\Omega)^2 I_1 & C_1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & (n\Omega)^2 I_2 & -C_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & C_2 & (n\Omega)^2 I_3 \end{vmatrix} \end{array}.$$

Il suffira de substituer la colonne des seconds membres (dont la première ligne seule n'est pas un zéro) à une quelconque des colonnes du déterminant pour avoir le numérateur correspondant de l'expression de chacune des variables inscrites au sommet de la colonne.

Le dénominateur commun Δ de toutes les expressions peut s'annuler pour certaines valeurs de n et l'on dira alors qu'il y a résonance. En développant le déterminant; on trouve cette équation de la résonance sous une forme assez complexe. En posant $n\Omega = \omega$ pour simplifier, elle est

$$0 = \Delta = (C_1\omega^2 I_1)(C_2 - \omega^2 I_3)\omega^2 I_2 + C_2\omega^2 I_3(C_1 - \omega^2 I_1) + (C_2 - \omega^3 I_3)C_1\omega^2 I_1;$$

d'autre part, on trouve pour Θ_1 l'équation

$$\Gamma_n = \Theta_1 \left(C_1 - \omega^2 I_1 + \frac{C_1 I_1}{I_2 + \frac{C_2 I_3}{C_2 - \omega^2 I_3}} \right).$$

L'équation de résonance a trois racines ω possibles.

La fatigue de l'arbre sera mesurée par l'expression $C_1 \Theta_1$ déduite de ce calcul et qui devient infinie quand la résonance se produit. La seconde formule montre que la valeur de Θ_1 devient minimum en fonction de I_2 pour $I_2 = 0$, c'est-à-dire quand on n'ajoute aucun volant sur l'arbre moteur. Comme la vitesse ω varie elle-même pendant la mise en marche du système, il se produira différents régimes de résonance avant d'arriver à la vitesse normale; mais ces résonances ne seront surtout dangereuses que si elles se prolongent, c'est-à-dire que si elles sont voisines du régime de la vitesse normale.

L'expression de Θ_1 montre que pour une même somme d'inerties $I_2 + I_3$ ajoutée au moteur, en dehors de l'arbre de manivelle (c'est-à-dire inertie totale de la dynamo, des volants et des organes d'accouplement), le danger de résonance sera d'autant plus réduit que le volant ajouté sur l'arbre sera plus voisin de la valeur satisfaisant à la relation

$$I_2 \frac{C_2 I_3}{C_2 - \omega^2 I_3} = 0$$

ou

$$I_2 \left[\frac{\omega^2}{C_1} - \frac{1}{I_3} \right] = 1$$

I_2 devra donc être d'autant plus réduits que $\frac{\omega^2}{C_2}$ sera plus grand.

Mais le schéma simplifié que nous venons de donner ne résout pas le problème d'une manière suffisante, car l'amplitude dangereuse des harmoniques peut être accrue ou diminuée par le nombre de manivelles, suivant l'angle de calage et le retard de phase des efforts sur ces manivelles. D'autre part la masse, au lieu d'être concentrée, est en réalité répartie ; un arbre à plusieurs vilebrequins peut être considéré comme formé d'une série de masses présentant des inerties séparées par des tronçons d'inertie plus faible soumis à des torsions [1].

---

[1] Pour traiter le problème dans toute sa rigueur, il faudrait recourir à l'équation des torsions d'une tige tordue portant en différents points des masses ; l'intégration

Pour la sécurité de l'arbre, le volant doit être en dehors de l'arbre et relié à lui par un couplage élastique assez lâche. Dans ce cas, en effet, les oscillations forcées de l'arbre se font des deux côtés du milieu de l'arbre et il peut y avoir résonance, avec des oscillations angulaires aux deux bouts de l'arbre, l'amplitude de ces oscillations dépendant seulement de la différence entre les effets des harmoniques appliqués par les manivelles des deux côtés de l'arbre. Au contraire, si l'arbre est relié à un volant de grande masse, celle-ci agit comme un encastrement de l'arbre dans un support fixe par rapport aux oscillations du couple des différentes manivelles. La résonance se fait avec ventre d'oscillation à l'extrémité libre de l'arbre et sous l'effet combiné de toutes les manivelles, les vibrations angulaires peuvent être de beaucoup plus grande amplitude et amener ainsi la rupture de l'arbre près du volant et celle des organes commandés par le bout libre.

On peut simplifier le calcul en ramenant schématiquement l'arbre et ses manivelles à une série de masses reliées par des parties élastiques. Cela revient à remplacer les équations différentielles de la torsion par des équations aux différences finies, l'arbre étant divisé en tronçons limités au milieu des deux bouts d'arbre des paliers ; on désignera par I l'inertie de chaque tronçon, y compris son vilebrequin, et par α l'angle décrit par l'arbre manivelle correspondant. On déterminera d'autre part le coefficient de torsion pour l'ensemble des tronçons compris entre les points milieux de deux manivelles consécutives. L'hypothèse simplificatrice consiste à supposer que les inerties I sont reliées entre elles par des accouplements élastiques de coefficients C ainsi calculés.

Cela posé, on tiendra compte des retards de phase entre les explosions des p différents pistons en représentant les irrégularités de couple pour chacun d'eux par une formule de la forme (2). Les écarts de phase γ entre les pistons seront des multiples de $\frac{4\pi}{p}$ (dans le cas de cycles à 4 temps), qui dépendront de la façon dont sont répartis les arbres manivelles.

Chaque tronçon donne lieu à deux équations, l'une qui exprimera l'égalité des couples moteur et résistants, l'autre qui exprimera l'égalité entre les angles de torsion et la différence des angles perturbateurs produits par l'oscillation d'harmoniques quelconques entre les inerties voisines.

---

des équations différentielles de ce genre conduit à des fonctions hyperboliques complexes qui sont très peu maniables. Il ne paraît pas justifié d'ailleurs d'appliquer des calculs si précis, étant donné toutes les hypothèses simplificatrices que l'on est obligé de faire.

On aura en définitive pour les amplitudes des mouvements oscillatoires la série d'équations symboliques ci-dessous :

$$(6)\quad\left\{\begin{array}{l}
C_1\Theta_1-(n\Omega)^2 I_1\alpha_1=\Gamma_n\ldots(\varphi_1=0),\\
\alpha_1-\alpha_2=\Theta_1,\\
-C_1\Theta_1-(n\Omega)^2 I_2\alpha_2+C_2\Theta_2=\Gamma_n(\cos n\varphi_2+j\sin n\varphi_2),\\
\alpha_2-\alpha_3=\Theta_2,\\
-C_2\Theta_2-(n\Omega)^2 I_3\alpha_3+C_3\Theta_3=\Gamma_n(\cos n\varphi_3+j\sin n\varphi_3),\\
\alpha_3-\alpha_2=\Theta_3,\\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
-C_p\Theta_p-(n\Omega)^2 I_{p+1}\alpha_{p+1}=0.
\end{array}\right.$$

Ces équations linéaires sont au nombre de $2p+1$, en appelant p le nombre de manivelles; par exemple, un moteur à six manivelles donne lieu à treize équations; comme elles sont linéaires et à coefficient constant par rapport aux angles variables α_1, α_2, α_3, ..., α_6 et Θ_1, Θ_2, Θ_3, ..., Θ_6, leur solution est théoriquement toujours possible par des déterminants. Ces équations comportent des seconds membres qui représentent les couples perturbateurs.

Le déterminant des coefficients du premier nombre est de degré $p+1$ en ω; ce degré peut s'abaisser dans certains cas, en tenant compte de l'égalité de certains coefficients I et C.

Le dénominateur commun de toutes les expressions des variables sera le déterminant des premiers membres; en l'annulant, on aura la condition de résonance qui permet de déterminer les harmoniques dangereux et les vitesses critiques dangereuses. La solution est malheureusement encore très complexe et difficile à pousser jusqu'au bout, même sur des cas particuliers, à moins qu'il y ait très peu de manivelles, car pour avoir les amplitudes réelles des angles Θ qui mesurent la fatigue de l'arbre en ses différents points, il ne suffit pas de calculer le déterminant, lequel est indépendant des phases de calage, mais il faut tenir compte de ces angles à cause des seconds membres des équations, et des amortissements. Je donnerai quelques explications physiques sur ce sujet dans une prochaine Note.

Le calcul appliqué à un ensemble si complexe peut servir à prédéterminer avec plus au moins de chance de succès les risques de résonance et à chercher à les éviter; mais si l'on désire être fixé d'une manière certaine sur les conditions de résonance d'un pareil arbre et sur l'amplitude des torsions qu'il subit, il me semble nécessaire de recourir à une méthode expérimentale permettant de mesurer directement les angles de torsion de l'arbre

et par la même occasion les irrégularités de vitesse. Ce résultat peut être obtenu assez facilement en adaptant à ce problème la méthode générale d'étude stroboscopique des écarts angulaires des arbres des machines à explosion, que j'ai exposée à l'Académie dans une précédente Communication [1].

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur quelques propriétés des traces des tangentes asymptotiques d'une surface en un plan fixe.* Note de M. C. **Guichard**.

Soient A un point qui décrit une surface rapportée à ses asymptotiques; AR la première tangente en A, AS la seconde. Ces droites coupent un plan fixe Π respectivement en P et Q; tout point de AR décrit, quand u varie seul, une courbe dont la tangente est située dans le plan RAS; en particulier le point P décrit une courbe tangente à PQ; de même, si v varie seul, le point Q décrit une courbe tangente à PQ. La droite PQ décrit donc une congruence plane dont les foyers sont P et Q. Je me propose de caractériser cette congruence PQ.

Pour cela, je suppose que le plan Π soit le plan des x_1, x_2; j'introduis, pour un instant, les coordonnées homogènes, le plan à l'infini ayant pour équation $x_4 = 0$. Je fais une transformation homographique qui fait correspondre au plan Π le plan à l'infini. A la surface (A) correspond une surface (A_1) rapportée à ses asymptotiques. Les paramètres directeurs θ_1, θ_2, θ_3 de la surface (A_1), multipliés par un facteur convenable, sont trois solutions d'une équation de Moutard. Le plan tangent en A_1 coupe le plan à l'infini suivant une droite L qui a pour équations

$$x_4 = 0, \qquad \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 = 0.$$

En faisant la transformation homographique inverse, on en conclut que la droite PQ a pour équation

$$x_4 = 0, \qquad \xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \xi_3 x_4 = 0,$$

les ξ étant des fonctions linéaires et homogènes de θ. Si l'on revient aux coordonnées cartésiennes, on voit que la droite PQ a pour équation, dans le plan $x_1 x_2$,

$$\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \zeta_3 = 0, \tag{1}$$

[1] Cf. *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 320.

ξ_1, ξ_2, ξ_3 étant trois solutions de l'équation

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial u\, \partial v} = M\xi. \tag{2}$$

Au point de vue analytique ce résultat caractérise les congruences PQ. Il reste à indiquer une propriété géométrique équivalente.

Le premier foyer P de la droite PQ est défini par les équations

$$\left\{\begin{aligned} &\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \xi_3 = 0, \\ &\frac{\partial \xi_1}{\partial u} x_1 + \frac{\partial \xi_2}{\partial u} x_2 + \frac{\partial \xi_3}{\partial u} = 0, \end{aligned}\right. \tag{3}$$

d'où l'on déduit facilement

$$\left\{\begin{aligned} &\xi_1 \frac{\partial x_1}{\partial u} + \xi_2 \frac{\partial x_2}{\partial v} = 0, \\ &\frac{\partial \xi_1}{\partial u} \frac{\partial x_1}{\partial v} + \frac{\partial \xi_2}{\partial u} \frac{\partial x_2}{\partial v} = 0. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

Il en résulte que les paramètres des tangentes au réseau P sont :

Première tangente : $\xi_2, -\xi_1$;

Deuxième tangente : $\frac{\partial \xi_2}{\partial u}, -\frac{\partial \xi_1}{\partial u}$.

Si l'on considère une congruence plane de Ribaucour, les paramètres directeurs de la droite décrivante étant ξ_1 et ξ_2, on sait que les paramètres des tangentes à son second réseau focal Q′ sont :

Première tangente : $\frac{\partial \xi_1}{\partial u}, \frac{\partial \xi_2}{\partial u}$;

Deuxième tangente : ξ_1, ξ_2.

Donc les réseaux P et Q′ se correspondent par la loi d'orthogonalité des éléments, d'où le résultat suivant qui caractérise les congruences PQ.

La congruence PQ *correspond par orthogonalité à une congruence plane de Ribaucour.*

La congruence PQ satisfaisant à la condition précédente étant donnée, il reste à voir quelles sont les surfaces (A) satisfaisantes; si l'on fait l'homographie indiquée, on voit que la trace L du plan tangent à (A_1) sur le plan de l'infini est donnée; on sait que toutes les surfaces (A_1) correspondantes se déduisent de l'une d'elles par une homothétie ou une translation, c'est-à-dire par une homologie qui admet le plan à l'infini comme plan directeur; donc :

Toutes les surfaces (A) *qui correspondent à une même congruence* PQ *se*

déduisent de l'une d'elles par une homologie admettant le plan Π *comme plan directeur.*

Ce résultat permet de résoudre simplement un très grand nombre de problèmes; je cite les suivants :

I. *Trouver deux surfaces* (A) *et* (A′) *sur lesquelles les asymptotiques se correspondent et telles que la première tangente asymptotique de* A *rencontre la seconde tangente de* A′ *en un point* P *situé dans un plan fixe* Π.

Les tangentes au réseau plan P sont les traces des plans tangents aux surfaces (A) et (A′) sur le plan Π; si Q′ est un réseau plan orthogonal au réseau P, les deux tangentes de Q′ décrivent des congruences de Ribaucour. On sait que s'il en est ainsi, il en est de même pour tous les réseaux déduits de Q′ par l'application de la méthode de Laplace; donc si l'on considère tous les réseaux déduits de P par la transformation de Laplace, une tangente à l'un quelconque de ces réseaux décrit une congruence orthogonale à une congruence de Ribaucour; il en résulte qu'on aura une suite de surfaces, illimitée en général dans les deux sens :

$$A_{-2},\quad A_{-1},\quad A_0,\quad A_1,\quad A_2\quad \ldots \tag{5}$$

telles que sur ces surfaces les lignes asymptotiques se correspondent et que la première tangente de l'une rencontre la seconde tangente de la suivante en un point situé daus un plan fixe Π.

La recherche de ces surfaces revient à l'intégration de l'équation

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = \theta.$$

II. *Trouver les surfaces* (A) *pour lesquelles le point* P *décrit un réseau* O. — On sait que les deux tangentes d'un réseau O plan décrivent des congruences orthogonales. Ici la seconde tangente du réseau P devra décrire une congruence de Ribaucour; cette congruence sera alors une congruence C. On est donc ramené à un problème connu :

Trouver les réseaux O *plans dont une congruence focale est* C.

III. *Cas où les points* P *et* Q *décrivent des réseaux* O. — On sait que si les deux réseaux focaux d'une congruence plane sont des réseaux O, il en est de même de tous les réseaux qu'on en déduit par la méthode de Laplace. Toutes les congruences focales de ces réseaux sont à la fois congruence de Ribaucour et congruence orthogonale à une autre congruence de Ribaucour. On est donc ramené à un problème connu.

Trouver toutes les congruences planes dont les réseaux focaux sont des réseaux O.

IV. *Cas où la congruence* PQ *est la projection d'une congruence de normales.* — La congruence PQ est une congruence H ; il lui correspond par orthogonalité une congruence C ; cette congruence C étant congruence de Ribaucour sera plusieurs fois C ; donc :

Le problème revient à trouver les congruences planes qui sont plusieurs fois C *ou les réseaux plans qui sont* O *et* 3O.

V. *Cas où la congruence* PQ est C. — La congruence orthogonale à PQ sera H. Tout revient donc à trouver les congruences de normales qui sont en même temps congruences de Ribaucour ; on sait que ces congruences sont parallèles aux congruences formées par les normales à une surface minima.

Dans ce cas, il existe, dans l'espace des réseaux M harmoniques à PQ et qui sont des réseaux O. Les surfaces (A) et (M) se correspondent de la façon suivante :

Aux asymptotiques de (A) *correspondent les lignes de courbures de* (M). *La première tangente de l'une de ces deux surfaces rencontre la seconde tangente de l'autre en un point situé dans un plan fixe.*

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude.* Note (1) de MM. C. Camichel et L. Escande.

Cette Note a pour objet l'étude de divers cas de similitude en hydraulique.

Nous avons réalisé sur cette question quatre séries d'expériences : la première, sans être nouvelle, nous a semblé intéressante à reprendre. Les trois autres sont, à notre connaissance, inédites.

1° *Écoulement par orifice circulaire en mince paroi horizontale ; méridienne de la veine liquide.* — On prend deux cylindres circulaires verticaux de diamètres D et D'. Le fond de chacun d'eux est muni d'un orifice circulaire en mince paroi ayant son centre sur l'axe.

d, d' étant les diamètres des deux orifices, H et H' les hauteurs d'eau dans les deux cylindres, on a

$$\frac{D}{D'} = \frac{d}{d'} = \frac{H}{H'} = \lambda'.$$

(1) Séance du 19 novembre 1923.

La similitude géométrique des trajectoires a pour conséquence directe la similitude des surfaces limites des veines issues des deux orifices et par conséquent l'égalité des coefficients de contraction.

Nous avons vérifié directement ce fait en photographiant les méridiennes des veines liquides dans deux modèles semblables dont les dimensions sont les suivantes :

$$D = 0^{m},80, \quad d = 0^{m},08, \quad H = 0^{m},99,$$
$$D' = 0^{m},20, \quad d' = 0^{m},02, \quad H' = 0^{m},225.$$

Dans ces conditions, on voit facilement que les temps T et T' nécessaires pour que le niveau de l'eau baisse de hauteurs homologues dans les deux cylindres, sont dans un rapport $\frac{T}{T'} = \sqrt{\lambda}$.

Cette propriété a été vérifiée sur trois modèles semblables.

2° *Surfaces de discontinuité. Similitude des surfaces de discontinuité dans deux modèles homologues. Vitesse sur la surface de discontinuité.* — On a produit des surfaces de discontinuité dans deux modèles semblables d'ajutages horizontaux. Le plus grand a $15^{cm} \times 3^{cm}$ de section et 40^{cm} de longueur. La charge sur le centre est de $14^{cm},3$.

Le petit modèle est semblable au grand et réduit dans le rapport $\frac{1}{3}$.

Les surfaces de discontinuité out été trouvées exactement semblables dans les deux modèles.

Les mesures de la vitesse sur la surface de discontinuité, mesures faites par une méthode antérieurement décrite par l'un de nous ([1]), ont donné :

Pour le grand modèle : 2,02, 2,03, 2,04, 2,03 m. s. Moyenne : 2,03 m. s.

Pour le petit modèle : 1,18, 1,17, 1,16, 1,17 m. s. Moyenne : 1,17 m. s.

Le rapport obtenu a donc été $\frac{2,03}{1,17} = 1,734$, tout à fait voisin de $\sqrt{3}$.

3° *Billes pesantes tenues en suspension par un courant d'eau ascendant dans un tube vertical.* — Nous avons étudié, dans une autre série d'expériences, l'équilibre de billes métalliques dans un courant d'eau vertical ascendant, à l'intérieur d'un tube de verre cylindrique. M. Greze a fait, à un point de vue tout différent, des expériences sur le même sujet ([2]).

Si nous comparons le débit Q, correspondant à l'équilibre de la sphère de diamètre d dans le tube de diamètre D à celui Q' correspondant à l'équi-

([1]) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 881.

([2]) *Bulletin hebdomadaire de l'Office national des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions.*

libre de la sphère de diamètre d' dans le tube de diamètre D' et si nous posons

$$\frac{D}{D'} = \frac{d}{d'} = \lambda',$$

l'application de la loi de Froude donne

$$\frac{Q}{Q'} = \lambda'^{\frac{5}{2}}.$$

Pour le vérifier, on a déterminé la courbe (d, Q) ayant pour abscisses les diamètres d des sphères et pour ordonnées les débits Q correspondants pour le tube de diamètre D.

On a déterminé de même la courbe $\left(d'\lambda', Q'\lambda'^{\frac{5}{2}}\right)$ pour le tube de diamètre D'; on a constaté que cette courbe différait très peu de la courbe (d, Q) déjà obtenue.

Une vérification analogue a été faite sur un troisième tube de diamètre D'', pour lequel on avait

$$\frac{D}{D''} = \frac{d}{d''} = \lambda''.$$

Les diamètres des tubes étaient

$$D = 19^{mm},6, \qquad D' = 9^{mm},8, \qquad D'' = 6^{mm}.$$

4° *Masse d'eau comprise entre un cylindre circulaire plein immobile, et un cylindre circulaire creux de même axe, animé d'un mouvement de rotation uniforme autour de l'axe commun; mouvement rotationnel.* — On a placé à l'intérieur d'un cylindre creux de diamètre D_1 animé d'un mouvement de rotation uniforme, de vitesse angulaire ω, un cylindre plein immobile de même axe et de diamètre D_2. On a rempli l'espace compris entre les deux cylindres par de l'eau, jusqu'à une hauteur H.

On a étudié la répartition des vitesses à la surface libre et tracé la courbe (r, W) donnant la vitesse en fonction de la distance à l'axe.

On a procédé de même sur un deuxième modèle tournant à une vitesse angulaire ω', telle que $\frac{\omega}{\omega'} = \sqrt{\frac{1}{\lambda'}}$; ses dimensions D'_1, D'_2, H' sont telles que l'on ait

$$\frac{D_1}{D'_1} = \frac{D_2}{D'_2} = \frac{H}{H'} = \lambda'.$$

On a construit la courbe $(r'\lambda', W'\sqrt{\lambda'})$; elle se superpose à la courbe

(r, W), ce qui vérifie la loi de Froude. La vérification a été faite avec les données suivantes :

$$D_1 = 90^{mm},5, \quad D_2 = 25^{mm}, \quad H = 82^{mm};$$
$$D'_1 = 45^{mm},25, \quad D'_2 = 12^{mm},5, \quad H' = 41^{mm},$$

soit : $\lambda' = 2$.

Conclusion. — On voit que la similitude exprimée par la loi de Froude se vérifie dans les divers cas observés.

La description complète des expériences mentionnées dans cette Note sera publiée prochainement avec tous les détails nécessaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique des alcools hydroaromatiques.* Note de M. J.-B. Senderens.

I. Dans des Communications précédentes [1] j'ai indiqué comment avec l'acide sulfurique dilué et employé en très petite quantité on arrivait à déshydrater les alcools de la série grasse et à les convertir soit en oxydes, soit en carbures. La méthode s'applique aux alcools aromatiques [2] et aux alcools hydroaromatiques, tels que le cyclohexanol et les cyclohexanediols, dont il sera question dans cette Note.

II. *Cyclohexanol.* — En distillant ce cyclanol avec 3 ou 4 pour 100 d'acide sulfurique concentré, j'avais obtenu les 89 pour 100 du cyclohexène théorique [3]. Avec l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ qui correspond à SO^4H^2 étendu de son volume d'eau le rendement s'est élevé aux 92 pour 100 de la théorie. Le mélange de cyclohexanol et de 3 pour 100 en volume de cet hydrate était chauffé dans un ballon communiquant par un réfrigérant *descendant* avec un récipient refroidi. La distillation s'est faite vers 110-145°.

Avec un réfrigérant *ascendant* l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ n'a donné après une longue ébullition que de faibles quantités de cyclohexène, en raison sans doute de l'eau provenant de la déshydratation du cyclohexanol, laquelle, n'étant plus expulsée, augmente la dilution de $SO^4H^2 + 3H^2O$ en lui faisant perdre ses propriétés catalytiques.

---

(1) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 813; t. 177, p. 15.

(2) Mersenheimer avait déjà montré en 1908 que l'on obtient de l'oxyde de benzyle en chauffant l'alcool benzylique avec de minimes quantités d'acide sulfurique très dilué.

(3) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1168; et *Ann. Chim.*, 9e série, t. 18, p. 117.

III. *Cyclohexanediols*. — Nous avons préparé, M. Aboulenc et moi, par réduction catalytique, sous pression, des trois diphénols, pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, les diols correspondants auxquels nous avons donné les noms de « pyrocatéchite » et de « résorcite » par analogie avec la quinite et qui ont comme constitution :

```
         CH OH                    CH OH                    CH OH
   CH²/      \CH OH        CH²/      \CH²          CH²/      \CH²
     |        |              |        |              |        |
   CH²\      /CH²          CH²\      /CH OH        CH²\      /CH²
         CH²                      CH²                      CH OH
   Pyrocatéchite.            Résorcite.               Quinite.
```

Si l'on considère les schémas ci-dessus, on voit que, par une déshydratation régulière, la *pyrocatéchite* donnera un seul cyclohexadiène $\Delta^{1.3}$, tandis que la *résorcite* et la *quinite* pourront donner les deux isomères $\Delta^{1.3}$ et $\Delta^{1.4}$.

J'ai tout d'abord constaté que la déshydratation se fait mal avec l'acide sulfurique concentré qui transforme les cyclohexadiènes en résines. Je me suis ensuite adressé à l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ employé en petite quantité, 3 pour 100 par rapport au cyclohexanediol, qui a donné les résultats suivants :

IV. *Pyrocatéchite. Cyclohexadiène* $\Delta^{1.3}$. — L'action de l'hydrate

$$SO^4H^2 + 3H^2O$$

sur la pyrocatéchite est extrêmement faible. Après 2 heures d'ébullition les 80 pour 100 de la pyrocatéchite restaient inaltérés, tandis que les 20 pour 100 s'étaient deshydratés en donnant surtout des carbures condensés.

L'acide sulfurique concentré (2^g pour 100^g de pyrocatéchite) attaque au contraire énergiquement ce diol dès la température de 110°. Le produit principal est un carbure résineux qui reste dans le ballon et il distille avec l'eau un liquide dont j'ai obtenu 30^g pour 500^g de pyrocatéchite employée. Ce liquide a comme point d'ébullition 83°-84° sous la pression de 750^{mm} et sa densité $D_4^{10} = 0,8454$. Ce serait le cyclohexadiène $\Delta^{1.3}$ obtenu par Zelinsky et Gorsky en chauffant avec la quinoléine le dibromo-1.2-cyclohexane.

V. *Résorcite. Cyclohexadiène* $\Delta^{1.3}$ *avec* $\Delta^{1.4}$. — L'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ dont nous venons de signaler le peu d'activité vis-à-vis de la pyrocatéchite déshydrate au contraire avec la plus grande facilité la résorcite.

Une molécule de résorcite, soit 116^g, additionnée de 4$^{cm^3}$ de

$$SO^4H^2 + 3H^2O,$$

a commencé à bouillir vers 130° et a été maintenue ensuite à 140°-145°. Au bout de 1 heure et demie le résidu du ballon était insignifiant et l'on avait recueilli 115$^{cm^3}$ de distillat dont 32$^{cm^3}$ d'eau qui correspondaient à l'équation

$$\underset{\text{Résorcite}}{C^6H^{10}\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown OH\end{matrix}} = 2H^2O + \underset{\text{Cyclohexadiène.}}{C^6H^8}.$$

Séparé de l'eau par décantation et traité ensuite par CO^3K^2 sec et puis par $Ca\,Cl^2$ fondu, le liquide a distillé de 83° à 90°. Plusieurs de ces distillats ont été réunis et ont donné par fractionnement au tube Le Bel :

	Pour 100.
83°–84°	75—$\Delta^{1,3}$
84—86	7
86—88	15—$\Delta^{1,4}$
>88	3

par où l'on voit que la réaction a fourni les deux cyclohexadiènes

```
        CH                    CH
  CH²/    \\CH        CH²/    \\CH
    |      |            |       |
  CH²\    //CH        CH \\   /CH²
        CH                    CH
       Δ¹·³                  Δ¹·⁴
```

Mais le cyclohexadiène $\Delta^{1.3}$ est en proportion cinq fois plus grande que le $\Delta^{1.4}$. Ainsi obtenu, ce cyclohexadiène, qui a le même point d'ébullition que celui de la pyrocatéchite, a aussi sensiblement la même densité,

$$D_4^{10} = 0,8457.$$

C'est donc le cyclohexadiène $\Delta^{1.3}$.

VI. *Quinite cyclohexadiène* $\Delta^{1.4}$ *avec* $\Delta^{1.3}$. — La quinite se déshydrate tout aussi facilement que la résorcite sous l'influence de $SO^4H^2 + 3H^2O$. On obtient ainsi un liquide incolore qui distille de 84° à 90° et qui donne par fractionnement au tube Le Bel :

	Pour 100.
84°–86°	20—$\Delta^{1.3}$ et $\Delta^{1.4}$
86—87	72—$\Delta^{1.4}$
>87	8

C'est donc le cyclohexadiène $\Delta^{1.4}$ qui est obtenu en majeure partie. Il bout à 86°-87° sous la pression de 750mm et sa densité $D_4^{10} = 0,8605$.

VII. Ainsi préparés par déshydratation directe des diols, ces cyclohexadiènes se résinifient à l'air et prennent avec l'acide sulfurique concentré les colorations observées par les auteurs qui avaient préparé ces carbures indirectement.

Harries partait des dicétones hexahydroaromatiques qu'il transformait en oximes et puis en amines dont il soumettait les phosphates à la distillation sèche [1].

Markownikof et Fortey en faisant agir la quinoléine bouillante sur le bichlorure d'hexahydrobenzène obtenaient deux liquides qui avaient le même point d'ébullition 83°-85° et qui présentaient une très faible différence de densité, 0,8530 et 0,8463.

Il semble bien que dans tous ces cas on se trouve en présence d'un mélange de deux isomères $\Delta^{1.3}$ et $\Delta^{1.4}$ dont les constantes sont tellement voisines que ce n'est qu'en opérant sur de grandes quantités que j'ai pu réussir à les séparer. . . . .

M. **L. Lecornu** fait hommage d'un Ouvrage de M. **P. Worms de Romilly**, intitulé : *Quelques réflexions sur la Relativité*, dont il a écrit la *Préface*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Marc Dupont** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 19 novembre 1923 et enregistré sous le n° 9277.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur un nouveau dispositif pour la réception des ondes courtes en télégraphie sans fil.*

(Renvoi à l'examen de M. Ferrié.)

CORRESPONDANCE.

MM. **Louis Breguet**, **E. Brylinski**, **Lazare Weiller** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place

[1] *Ann. Chem.*, t. 328, p. 88.

vacante, dans la *Division des applications de la science à l'industrie*, par le décès de M. *Maurice Leblanc*.

M. le **Secrétaire du Conseil d'administration de la Fondation Edmond de Rothschild** prie l'Académie de vouloir bien désigner un des Membres de la Section de Physique générale qui remplacera dans ce Conseil M. *Violle*, décédé.

M. **C. Le Morvan** adresse un Rapport sur l'emploi d'une subvention accordée en 1922 sur le *Fonds Bonaparte*.

M. **Marage** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Président de l'Académie impériale du Japon** remercie l'Académie de la profonde sympathie qu'elle lui a exprimée à l'occasion du récent tremblement de terre.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Atlas d'Algérie et de Tunisie*, par Augustin Bernard et R. de Flotte de Roquevaire. Fascicule I.

2° Jacques de Lapparent. *Leçons de Pétrographie*. (Présenté par M. Wallerant.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le dernier théorème de Fermat.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. Goursat.

1. Ce célèbre théorème énonce, comme l'on sait, qu'*il est impossible de trouver pour* $n > 2$ *trois entiers différents de zéro qui satisfassent à l'équation*

$$x_1^n + x_2^n + x_3^n = 0. \quad (1)$$

Nous nous proposons de donner diverses conditions nécessaires, sans lesquelles (1) est effectivement impossible. Nous supposerons *n premier* et x_1, x_2, x_3 *premiers entre eux*, ce qui ne diminue pas la généralité du pro-

blème. Nous aurons à distinguer deux cas suivant que x_1, x_2, x_3 sont premiers à n (*premier cas* qu'on pourrait appeler *cas de S. Germain*) ou que l'un de ces nombres, soit x_1, est divisible par n (*deuxième cas*).

Les indices i, j, k étant distincts et pouvant prendre indifféremment les valeurs 1, 2, 3, rappelons qu'en vertu de (1) les quantités $x_j + x_k$, $\frac{x_j^n + x_k^n}{x_j + x_k}$, x_i et $x_1 + x_2 + x_3$ doivent être respectivement de la forme a_i^n, g_i^n, $-a_i g_i$ et $n^\nu a_1 a_2 a_3 \varphi$ dans le premier cas, et de même dans le deuxième cas sauf pour $x_2 + x_3$, $\frac{x_2^n + x_3^n}{x_2 + x_3}$ et x_1 qui doivent alors être de la forme $n^{n\nu-1} a_1^n$, $n g_1^n$, $-n^\nu a_1 g_1$ (en désignant par a_i, g_i, φ certains entiers premiers entre eux et à n et par ν un entier $\geqq 1$). Ayant retrouvé par nos propres moyens ces résultats, nous avons obtenu en outre les suivants que nous croyons nouveaux.

Premier cas :

2. Théorème I. — *Dans le premier cas, il est impossible que des entiers x^i satisfassent à (1), si les facteurs premiers des trois entiers g_i ne sont pas de la forme $1 + 2kn^\gamma$ avec $\gamma \geqq 2$, chaque g_i devant être congru à 1 (mod $2n^{\alpha_i}$) avec $\alpha_i \geqq 2$.*

Théorème II. — *Si α est le plus petit des trois exposants α_i, il faut de même que l'exposant ν soit $\geqq \alpha + 1 \geqq 3$, et que $x_1 + x_2 + x_3$ soit donc divisible par n^3 au moins.*

Théorème III. — *De même on doit avoir (pour $i = 1, 2, 3$) $x_i^n - x_i \equiv 0$ (mod $n^{\alpha+1} \geqq n^3$).*

Théorème IV. — *De même on doit avoir les trois congruences*

$$(x_i + x_j)^n - x_i^n - x_j^n \equiv 0 \qquad (\text{mod}\, n^{\nu+1} \geqq n^4).$$

Remarque. — Ce théorème IV comprend en particulier la proposition analogue de Legendre qui, *prenant seulement n^2 pour module au lieu de n^4*, a été utilisée notamment par M. E. Maillet pour démontrer le cas de S. Germain quand $n = 197$.

Théorème V. — *Parallèlement aux nombres x_i, les trois entiers a_i doivent être tels que $a_1 + a_2 + a_3$ et $a_1^n - a_i$ soient divisibles par n^2, et que*

$$(a_i + a_j)^n - a_i^n - a_j^n$$

le soit par n^3.

Théorème VI. — *Le quotient de a_i par le plus grand commun diviseur de a^i et de $(a_j + a_k)$ doit avoir tous ses facteurs premiers de la forme $2Kn + 1$.*

3. *Application des théorèmes II et III.* — Voici une méthode fondée sur ces théorèmes pour s'assurer de l'impossibilité de (1) dans le premier cas :

Il suffit, comme on le voit aisément, de *vérifier que, n étant donné, il n'existe pas deux entiers consécutifs qui soient racines de la congruence*

$$x^{n-1} - 1 \equiv 0 \pmod{n^3}.$$

Exemple : Un simple coup d'œil sur la table des racines de cette congruence, que Jacobi avait fait établir pour $n \leqq 37$ et pour le module n^2 seulement (au lieu de n^3) (*Journal de Crelle*, 1828, p. 301), montre à nouveau l'impossibilité pour $n = 3, 5, 11, 17, 23, 29$.

Application du théorème IV. — Ce théorème permet de prouver également d'une nouvelle manière l'impossibitité de (1) dans le premier cas pour $n = 59$ en utilisant un résultat de M. Arwin (*Acta Math.*, 42, 1920, p. 190). Au contraire le théorème analogue mais plus restreint de Legendre (avec le module n^2 seulement) serait inefficace dans cet exemple (*loc. cit.*).

4. *Autres critères.* — En nous appuyant d'une part sur les critères que Legendre a déduits du théorème fondamental de S. Germain et, d'autre part, sur certains théorèmes que nous avons obtenus dans la théorie des nombres premiers, nous pouvons énoncer ces propositions : *L'équation* (1) *est impossible dans le premier cas dans chacune des six éventualités suivantes :* 1° *si n est de la forme* $4K + 3$ *et si* $2n + 1$ *divise* $2^n - 1$, 2° *si n étant de la forme* $4K + 1$, $2n + 1$ *divise* $2^n + 1$, 3° *si* $4n + 1$ *est de la forme* $8K + 5$ *et divise* $2^{2n} + 1$, 4° *si* $4n + 1$ *est de la forme* $12K + 5$ *et divise* $3^{2n} + 1$, 5° *si* $8n + 1$ *divise* $2^{4n} - 1$, 6° *si* $10n + 1$ divise $5^{5n} - 1$.

5. On sait que l'impossibilité de (1) dans le premier cas est prouvée pour tout exposant (premier) n tel que $2n + 1$ soit premier aussi. Nous avons vérifié que les valeurs de n jouissant de cette propriété entre 9043 et 10001 sont : 9049, 9221, 9293, 9371, 9419, 9473, 9479, 9539, 9629, 9689, 9791 — et qu'entre 5000000 et 5003371, ces valeurs de n (que nous désignons simplement par leur excédent sur 5000000) sont : 111 (c'est-à-dire 5000111), 263, 321, 381, 399, 741, 783, 903, 981, 1173, 1203, 1299, 1443, 1779, 2103, 2223, 2229, 2313, 2331, 2583, 2841, 3081, 3231, enfin 3249, c'est-à-dire 5003249. Nous pensons que ces valeurs sont les plus grandes pour lesquelles un tel calcul ait été fait.

Deuxième cas :

6. Ici encore, ayant — sans le connaître — retrouvé par nos procédés un résultat dû à S. Germain, savoir que ν doit dans ce deuxième cas être $\geqq 2$, nous y avons ajouté les suivants :

Théorème. — *Dans le deuxième cas, on doit avoir, pour $i = 2$ et 3,*

$$x_i^n - x_i \equiv 0 \pmod{n^3}.$$

Théorème. — *Dans le deuxième cas, le théorème VI est encore vrai mais seulement pour* $i = 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement en série d'un système de fonctions analytiques.* Note [1] de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

D'après le théorème de MM. Painlevé et Hilbert, chaque fonction holomorphe dans un domaine simplement connexe D peut être représentée par une série de polynomes, convergeant uniformément à l'intérieur de D. Les développements de MM. Borel et Faber conduisent à rechercher des conditions générales pour la possibilité d'un tel développement. Soit D un domaine limité par une courbe simple C et $f_0(x), f_1(x), f_2(x), \ldots$ un système de fonctions holomorphes dans D et continues sur C. Désignons par $m(f_0, f_1, \ldots, f_n)$ le minimum de la forme $\int_C |x_0 f_0(x) + \ldots + x_n f_n(x)|^2 ds$, où ds est l'élément de l'arc de C, les x_i étant liés par la relation $\sum |x_i|^2 = 1$. Nous démontrons le théorème assez général qui suit :

Supposons : 1° *le système f_n fermé, c'est-à-dire si $f(x)$ est holomorphe dans* D *et si* $\int_C f(x)\overline{f_\mu(x)}\,ds = 0$ *pour* $\mu = 0, 1, 2, \ldots$, *il en résulte* $f(x) = 0$; 2° $m(f_0, f_1, \ldots, f_n) > \delta > 0$ *pour* $n = 0, 1, 2, \ldots$; 3° *pour une courbe simple* C_1 *contenue dans* C ($C_1 \equiv C$), *la forme hermitienne* $\sum a_{\mu\nu} x_\mu \overline{x_\nu}$, *où* $a_{\mu\nu} = \int_{C_1} f_\mu(x)\overline{f_\nu(x)}\,ds$ *et* $\bar{\alpha}$ *est le nombre conjugué de* α, *est bornée au sens de Hilbert. Alors une fonction $f(x)$ holomorphe dans* D *et continue sur* C *peut être développée dans* C_1 *en une série de la forme* $\sum d_n f_n(x)$ *qui converge uniformément dans* C_1. *La série* $\sum |d_n|^2$ *est aussi convergente.*

La condition 1° peut être remplacée par la suivante. Si, par une transformation linéaire du système f_n, on obtient un système φ_n, orthogonal et normal par rapport à C, le système φ_n doit être complet.

Soit $f(x)$ une fonction quelconque holomorphe dans D et continue sur C. Le système étant complet, on a

$$\sum_{n=0}^{\infty} |a_n|^2 = \int_C |f(x)|^2 ds, \qquad \text{où} \qquad a_\mu = \int_C f(x)\overline{\varphi_\mu(x)}\,ds,$$

[1] Séance du 26 novembre 1923.

on peut donc trouver un nombre N assez grand, tel que ε, étant une quantité aussi petite que l'on veut, on ait

$$\int_C \left| f(x) - \sum_{\mu=0}^{n} a_\mu \varphi_\mu(x) \right|^2 ds = \sum_{\mu=n+1}^{\infty} |a_\mu|^2 < \varepsilon$$

pour $n > N$, ou

$$\int_C \left| f(x) - \sum_{\mu=0}^{n} d_\mu^{(n)} f_\mu(x) \right|^2 ds < \varepsilon.$$

Par un calcul classique, on en déduit

$$(1) \qquad \sum_{\nu=0}^{n} |d_\nu^{(n)}|^2 \leqq \frac{M'}{\delta},$$

ce qui nous montre que les séries

$$\sum |d_\nu^{(n)}|^2 \quad (d_\nu^{(n)} = 0, \nu > n)$$

sont convergentes et uniformément bornées pour chaque n. De la relation

$$\int_C \left| \sum_{\nu=0}^{n} (d_\nu^{(n)} - d_\nu^{(m)}) f_\nu(x) \right|^2 ds = \int_C \left| \sum_{\nu=m+1}^{n} a_\nu \varphi_\nu(x) \right|^2 ds = \sum_{\nu=m+1}^{n} |a_\nu|^2 < 2\varepsilon$$

pour $m \geqq n > N$ on obtient de même

$$(2) \qquad \sum_{\mu=0}^{\infty} |d_\mu^{(n)} - d_\mu^{(m)}|^2 < \frac{2\varepsilon}{\delta}, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \lim_{n,m=\infty} \sum_{\nu=0}^{\infty} |d_\nu^{(n)} - d_\nu^{(m)}|^2 = 0.$$

De (1) et (2), d'après un théorème de Schmidt [1], il suit que $d_\nu^{(n)}$ tend vers d_ν ainsi que $\lim_{n=\infty} \sum |d_\nu^{(n)} - d_\mu|^2 = 0$. Désignons par Δ la plus courte distance entre C et C_1 et par L_1 la longueur de C_1. D'après la formule fondamentale de Cauchy, si y est sur C_1, on a

$$\left| f(y) - \sum_{\mu=0}^{n} d_\mu^{(n)} f_\mu(y) \right|^2 = \left| \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\left[f(x) - \sum_{\mu=0}^{n} d_\mu^{(n)} f_\mu(x) \right]^2}{x - y} dx \right| \leqq \frac{\varepsilon}{2\pi\Delta};$$

$$\int_{C_1} \left| f(y) - \sum_{\mu=0}^{n} d_\mu^{(n)} f_\mu(y) \right|^2 ds < \frac{\varepsilon L_1}{2\pi\Delta}.$$

---

(1) SCHMIDT, *Rendiconti del Circolo Mat. di Palermo*, t. 25, 1908; p. 53-77. — FRÉCHET, *Comptes rendus*, 24 juin 1907.

Mais

$$\int_{C_1}\left|f(y)-\sum_{\nu=0}^{n} d_\nu f_\nu(y)\right|^2 ds$$

$$\leqq 2\int_{C_1}\left|f(y)-\sum_{\nu=0}^{n} d_\nu^{(n)} f_\nu(y)\right|^2 ds + 2\int_{C_1}\left|\sum_{\nu=0}^{n}(d_\nu^{(n)}-d_\nu)f_\nu(y)\right|^2 ds.$$

Dans le second membre la première intégrale tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$.

En vertu de la supposition que la forme $\sum_{\mu,\nu=0}^{\infty} a_{\mu\nu}x_\mu\overline{x_\nu}$ est bornée, on a

$$\int_{C_1}\left|\sum_{\nu=0}^{n}(d_\nu^{(n)}-d_\nu)f_\nu(x)\right|^2 ds=\sum_{\mu,\nu=0}^{n} a_{\mu\nu}(d_\mu^{(n)}-d_\mu)(\overline{d_\nu^{(n)}}-\overline{d_\nu})\leqq K\sum_{\nu=0}^{n}|d_\nu^{(n)}-d_\nu|^2,$$

la seconde intégrale tend aussi vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Par une méthode connue (¹) on démontre que dans C_1 on a $f(x)=\sum d_n f_n(x)$ et la série converge uniformément, la série $\sum|d_n|^2$ est aussi convergente. On peut facilement démontrer la proposition que si un système est fermé, il est aussi complet, en suivant une méthode analogue à la méthode donnée par M. Riesz (²) au cas des fonctions réelles. Une autre démonstration de la même proposition s'obtient en considérant la fonction

$$U_n(a,x)=\frac{\sum_{\nu=0}^{n}\overline{\varphi_\nu(a)}\,\varphi_\nu(x)}{\sqrt{\sum_{\nu=0}^{n}|\varphi_\nu(a)|^2}}.$$

Si a est dans C et δ_a la plus courte distance entre a et C, on aura

$$\sum_{\nu=0}^{n}|\varphi_\nu(a)|^2=[U_n(a,a)]^2=\frac{1}{2\pi i}\int_C\frac{[U_n(a,x)]^2}{x-a}dx\leqq\frac{1}{2\pi\delta}\int_C|U_n(a,x)|^2 ds=\frac{1}{2\pi\delta_a},$$

la série $\sum|\varphi_\nu(x)|^2$ est donc convergente; de l'iuégalité de Cauchy-Schwarz on conclut que si $\sum|c_\nu|^2$ est convergente la série $M(x)=\sum|c_n\varphi_n(x)|^2$ est aussi convergente pour x dans C.

(¹) MONTEL, *Leçons sur les séries de polynomes, etc.*, Paris, 1910, p. 17.

(²) F. RIESZ, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 734.

ALGÈBRE. — *Sur un nouveau théorème d'Algèbre.*
Note de M. **Miécislas Biernacki**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans son intéressant Mémoire *Sur les modules des zéros des polynomes* (1), M. Montel a démontré (parmi beaucoup d'autres) le théorème suivant :

Le polynome à $(k+1)$ termes

$$1 + x^p + a_1 x^{n_1} + \ldots + a_{k-1} x^{n_{k-1}} \qquad (p < n_1 < n_2 < \ldots < n_{k-1})$$

a toujours p zéros dont le module est moindre qu'un nombre fixe $\varphi_p(k)$ qui ne dépend que du nombre $(k+1)$ des termes de ce polynome; il a montré que $\varphi_p(k) = \sqrt[p]{C^p_{p+k-1}}$ pour $p=1$ et $p=2$ et il a ajouté que, probablement, ce nombre $\varphi_p(k)$ est égal à $\sqrt[p]{C^p_{p+k-1}}$.

M. Walsh a remarqué ultérieurement (2) que le nombre $\varphi_p(k)$ est moindre qu'un nombre $\mu(k)$ ne dépendant que de k.

Une étude d'un caractère algébrique m'a permis de confirmer pleinement et de préciser les prévisions de M. Montel. J'ai établi notamment les propositions suivantes :

I. *L'équation*

$$1 + x^p + a x^n = 0 \qquad (p < n)$$

a toujours p racines dont le module ne dépasse pas le nombre $\sqrt[p]{\frac{n}{n-p}}$. Cette limite n'est atteinte que pour les p équations suivantes :

$$1 + x^p + \varpi^{-n} p n^{-\frac{n}{p}} (n-p)^{\frac{n}{p}-1} x^n = 0, \tag{1}$$

où ϖ désigne une racine $p^{\text{ième}}$ de -1.

L'équation (1) a une racine double $x = \sqrt[p]{\frac{n}{n-p}}\,\varpi$ et $(p-1)$ racines de module moindre que $\sqrt[p]{\frac{n}{n-p}}$.

II. Plus généralement :

L'équation à $(k+1)$ termes

$$1 + x^p + a_1 x^{n_1} + a_2 x^{n_2} + \ldots + a_{k-1} x^{n_{k-1}} = 0 \qquad (p < n_1 < n_2 < \ldots < n_{k-1})$$

---

(1) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 40, 1923, p. 1-34.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1209.

a toujours p racines dont le module ne dépasse pas le nombre

$$(2) \qquad \sqrt[p]{\frac{n_1}{n_1-p}\,\frac{n_2}{n_2-p}\cdots\frac{n_{k-1}}{n_{k-1}-p}}.$$

Si l'on considère les degrés n_i comme arbitraires, l'exposant p et le nombre de termes $k+1$ seuls étant fixés, *la limite supérieure de l'expression* (2) *qui, dans ces conditions, est égale à* $\sqrt[p]{C_{p+k-1}^{p}}$, *n'est atteinte que pour les p équations suivantes :*

$$(3) \qquad \left(1-\frac{x}{\varpi\varphi}\right)^k\left[1+C_k^1\frac{x}{\varpi\varphi}+C_{k+1}^2\frac{x^2}{\varpi^2\varphi^2}+\ldots+C_{k+s-1}^s\frac{x^s}{\varpi^s\varphi^s}+\ldots+C_{k+p-2}^{p-1}\frac{x^{p-1}}{\varpi^{p-1}\varphi^{p-1}}\right]=0,$$

où j'ai posé $\varphi=\sqrt[p]{C_{p+k-1}^{p}}$ et où ϖ désigne une racine $p^{\text{ième}}$ de -1. Le polynome entre crochets a, en vertu du théorème de M. Kakeya, tous ses zéros *moindres* en module que $\sqrt[p]{C_{p+k-1}^{p}}$.

Si l'on fait, dans (3), $p=1$ ou $p=2$, on retrouve les expressions données par M. Montel [1]. Ainsi, le nombre $\mu(k)$ de M. Walsh est égal à k.

Si l'on considère les degrés n_i comme fixes, la limite (2) n'est pas nécessairement atteinte dans tous les cas. Il suffit, pour le voir, de se rappeler cet autre énoncé de M. Montel [2] :

L'équation

$$1+x^p+a_1x^{p+q}+a_2x^{p+2q}+\ldots+a_{k-1}x^{p+(k-1)q}=0$$

a toujours p racines dont le module ne dépasse pas un nombre fixe indépendant de q et du nombre des termes du polynome, lorsque q ne divise pas p.

Je remarque pour terminer que le théorème II permet de formuler un énoncé ressemblant un peu à celui qui vient d'être cité :

L'équation

$$1+x^p+a_1x^{n_1}+a_2x^{n_2}+\ldots+a_{k-1}x^{n_{k-1}}=0 \qquad (p<n_1<n_2<\ldots<n_{k-1}),$$

où la somme des inverses des degrés est assujettie à ne pas dépasser un nombre fixe C, *a toujours p racines dont le module ne dépasse pas un nombre fixe, qui ne dépend que de l'exposant p et de* C *et non du nombre des termes du polynome.*

---

[1] Mémoire cité, p. 3 et 13.

[2] Mémoire cité, p. 24.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'unicité du développement trigonométrique.* Note de M[lle] **Nina Bary**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Le problème de l'unicité du développement trigonométrique appelle l'attention sur les « ensembles (U) » jouissant de la propriété suivante : Si une série

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx$$

converge vers zéro partout, sauf peut-être aux points d'un tel ensemble, tous les coefficients a_n et b_n de cette série sont nuls. Nous appellerons « ensembles (M) » ceux qui ne jouissent pas de cette propriété. En vertu d'un résultat connu de M. W.-H. Young *tout* ensemble *dénombrable* est un ensemble (U). D'autre part, en 1916, M. Menchoff a démontré l'existence d'un ensemble (M) parfait *de mesure nulle*. Ce résultat impliquait la question : Existe-t-il des ensembles (U) ayant la puissance du continu? En 1921, M. Rajchman [1] et moi avons donné indépendamment et presque en même temps une réponse *affirmative* à cette question. M. Rajchman a construit une classe d'ensembles parfaits (U), qu'il appelle « ensembles du type (H) ». La question se pose naturellement de savoir s'il existe des ensembles parfaits (U) qui ne sont pas du type (H) et quels sont les ensembles (U) non parfaits.

Dans une Note récente [2] M. Zygmund a énoncé le résultat très général suivant : La somme d'une infinité dénombrable d'ensembles (U) est un ensemble (U) [3]. M. Zygmund a indiqué qu'une forme particulière de ce théorème, celle où les ensembles (U) sont du type (H), avait été obtenue antérieurement par moi. La méthode que j'avais suivie m'a conduit depuis à un résultat plus général que le théorème cité par M. Zygmund : *La somme d'une infinité dénombrable d'ensembles fermés* (U) *est un ensemble* (U).

Voici les considérations qui m'ont conduit à ce résultat :

Soit E un ensemble (M). Toute série trigonométrique à coefficients non nuls qui converge vers zéro en dehors de E sera dite une *série associée* à E.

---

(1) *Fund. Math.*, vol. 3 et 4.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 576.

(3) Il s'agit sans doute d'ensembles (U) mesurables; pour les ensembles (U) non mesurables l'énoncé de M. Zygmund serait inexact.

Afin d'exclure un cas trivial, nous ne considérerons que les ensembles (M) de mesure nulle.

Soit une série trigonométrique convergente vers zéro *presque partout*, mais non *pas partout*. Les coefficients a_n et b_n de cette série tendent nécessairement vers zéro. Nous appellerons *noyau simple* N_s de cette série l'ensemble des points où elle ne converge pas vers zéro; le *noyau réduit* sera l'ensemble de tous les points x pour lesquels les sommes partielles $S_n(x)$ sont non bornées ($n=1, 2, 3, \ldots$).

Le noyau réduit N_r a une propriété descriptive importante : *Si* N_r *est partout dense sur un ensemble parfait* P, *son complémentaire par rapport à* P *est de première catégorie sur* P. En effet, soit, pour chaque x, $f_n(x)$ le plus grand des nombres $|s_1(x)|, |s_2(x)|, \ldots, |s_n(x)|$. Il est évident que la fonction $f_n(x)$ est continue et la suite $f_n(x)$ ($n=1, 2, 3, \ldots$) croissante. Sa limite $f(x)$ est une fonction de classe 1 de la classification de M. Baire et il est évident que le noyau réduit N_r est l'ensemble des points où l'on a $f(x)=+\infty$. D'un théorème bien connu de M. Baire, on déduit de suite la propriété annoncée.

Servons-nous maintenant d'un lemme de M. Rajchman dans une forme un peu généralisée. Considérons deux séries trigonométriques

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx \qquad \text{et} \qquad \frac{\alpha_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx.$$

Nous dirons que la série

$$\frac{\alpha_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} k_n \cos nx + l_n \sin nx$$

dont les coefficients sont définis par les formules

$$k_n=\sum_{p=-\infty}^{p=+\infty} a_p\alpha_{n-p}-b_p\beta_{n-p}, \qquad l_n=\sum_{p=-\infty}^{p=+\infty} a_p\beta_{n-p}+b_p\alpha_{n-p}$$

est le *produit formel* des séries proposées que nous appellerons *facteurs formels*. Dans l'hypothèse $\lim\limits_{n\to\infty} a_n=\lim\limits_{n\to\infty} b_n=0$; $\lim\limits_{n\to\infty} n^3\alpha_n=\lim\limits_{n\to\infty} n^3\beta_n$, on a la proposition :

LEMME GÉNÉRALISÉ DE M. RAJCHMAN. — *Si l'un des facteurs formels converge vers zéro en un point* x_0, *le produit formel converge vers zéro en ce point; si les limites d'indétermination des sommes partielles* $s_n(x)$ *de la première*

série sont $\overline{\lim\limits_{n\to\infty}} s_n(x_0)$ *et* $\underline{\lim\limits_{n\to\infty}} s_n(x_0)$ *les limites d'indétermination du produit formel sont* $\lambda(x_0)\overline{\lim\limits_{n\to\infty}} s_n(x_0)$ *et* $\lambda(x_0)\underline{\lim} s_n(x_0)$, $\lambda(x)$ *étant la somme de la seconde série.*

Soient δ un intervalle quelconque sur $[0, 2\pi]$, x_0 un point du noyau simple N_s appartenant à δ. Soit $\lambda(x)$ une fonction positive sur δ, nulle en dehors et continue ainsi que ses dérivées des trois premiers ordres. Soit la série en α_n et β_n sa série de Fourier. Dans ces conditions, d'après le lemme cité, le produit formel converge vers zéro en dehors de δ et dans δ, sauf aux points de N_s, mais ne converge pas vers zéro au point x_0. Donc la série produit est une série à coefficients non nuls. Il est évident que le noyau simple N'_s et le noyau réduit N^r de la série produit coïncident avec les portions du noyau simple N_s et du noyau réduit N_r de la série en a_n et b_n situés dans l'intervalle δ. En désignant par $\sigma_n(x)$ les sommes partielles de la série produit, on a nécessairement, pour un ensemble non dénombrable de points : $\overline{\lim\limits_{n\to\infty}} \sigma_n(x) = +\infty$; en effet, dans le cas contraire, en vertu d'un théorème connu de M. Ch. de la Vallée Poussin, la série produit serait de Fourier-Lebesgue et par conséquent tous les coefficients de cette série seraient nuls. Donc, *tout intervalle* δ *contenant un point du noyau simple* N_s *contient nécessairement un ensemble non dénombrable de points du noyau réduit* N_r. Ainsi *le noyau réduit* N_r *est un ensemble sans points isolés, partout dense et non dénombrable sur le noyau simple* N_s.

Cela posé, on démontre aisément que *la somme d'une infinité dénombrable d'ensembles fermés* (U) *est un ensemble* (U). Soit en effet $E = \sum F_k$, F_k étant un ensemble fermé (U). Si E était un ensemble (M), le noyau réduit N_r d'une série associée à E serait de deuxième catégorie sur l'ensemble parfait $P = N_r + N'_r$, N'_r étant le dérivé de N_r. La série converge vers zéro en dehors de P; N_r est contenu dans E; donc l'un au moins des ensembles F_k n'est pas de première catégorie sur P. Il existe donc un intervalle δ tel que la portion de l'ensemble parfait P située sur δ appartient à F_k. Mais cette portion est évidemment un ensemble (M), donc F_k est un ensemble (M) contrairement à l'hypothèse.

Ce théorème permet de construire *des ensembles parfaits* (U) *qui ne sont pas du type* (H) *et des ensembles* (U) *ayant la puissance du continu dans tout intervalle quelque petit qu'il soit.*

GÉOMÉTRIE APPLIQUÉE. — *Sur les mouvements infiniment petits en un point d'un corps élastique de l'espace.* Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

L'objet de la présente Note est de généraliser pour un système élastique quelconque de l'espace les résultats précédemment exposés [1] pour tout système élastique admettant un plan de symétrie.

I. Toute force de l'espace, F, produit, au point du système où elle s'exerce, une viration. Les vecteurs translation et rotation correspondants déterminent un complexe linéaire de droites de moment nul.

Si ce complexe est spécial, la force F produit une rotation unique R et est dite *monogyre*.

L'axe du complexe spécial, support de la rotation R produite par une force unique, est dit *monodyne*.

II. Les complexes linéaires correspondants aux forces passant par un point fixe M et contenues dans un même plan P ont pour équation

$$\Phi_F = \alpha\Phi_x + \beta\Phi_y = 0,$$

$\Phi_x = 0$ et $\Phi_y = 0$ désignant les complexes correspondant à deux droites arbitraires fixes M_x, M_y, suivant lesquelles une force quelconque F du faisceau a pour composantes α et β.

Il passe donc par le point M deux droites monogyres contenues dans le plan P; elles correspondent aux deux complexes spéciaux du faisceau. Le complexe des droites *monogyres* est donc du second ordre.

L'analogie des vecteurs forces et des vecteurs rotations permet de dire que le complexe des droites *monodynes* est aussi lui du second ordre.

III. Une force quelconque F_1 du plan P admet trois composantes α, β, γ dirigées suivant les trois côtés du triangle M_x, M_y et Z (Z étant une troisième droite fixe du plan P dont le complexe linéaire correspondant est $\Phi_z = 0$).

Le complexe linéaire correspondant à la force F_1 a une équation de la forme

$$\Phi_{F_1} = \alpha\Phi_x + \beta\Phi_y + \gamma\Phi_z = 0$$

définissant un réseau; les axes des complexes spéciaux de ce réseau forment

(1) *Comptes rendus*, 8 janvier 1923.

une semi-quadrique dont chaque génératrice correspond à une droite monogyre du plan P. La quadrique est dite *adjointe* au plan P.

IV. Les génératrices rectilignes de cette quadrique, appartenant à la semi-quadrique complémentaire, sont des droites monogyres correspondant aux droites monodynes contenues dans le plan P.

V. Les droites à la fois monogyres et monodynes forment une congruence du quatrième degré et du quatrième ordre.

La quadrique adjointe à un plan quelconque est tangente aux plans déterminés par les quatre groupes de droites monodynes et de droites monogyres F_1R_1, F_2R_2, F_3R_3, F_4R_4 correspondant à chacune des droites de la congruence $D_{1,2,3,4}$ contenues dans le plan considéré.

La quadrique adjointe au plan P_1, des deux droites F_1, R_1, admet la droite D_1 pour génératrice commune aux deux semi-quadriques; cette quadrique ne peut être qu'un cône, mais alors toute droite passant par le sommet de ce cône I_1 est à la fois monogyre et monodyne; le point I_1 est un point principal.

Le raisonnement déjà fait pour le système à plan de symétrie montre qu'il existe dans le plan P_1 trois autres points principaux I_2, I_3, I_4 anticonjugués par rapport à deux coniques.

Il ne peut y avoir d'autres points principaux puisque par un point de l'espace passent quatre droites de la congruence et quatre seulement.

Le plan P_1 est tel que toute droite contenue dans ce plan est à la fois monogyre et monodyne; les faces du tétraèdre des quatre points I_1, I_2, I_3, I_4 jouissent elles-mêmes d'une propriété identique et le fait que la congruence est de la quatrième classe implique que le plan P_1 est confondu avec une face de ce tétraèdre.

Le complexe des droites monogyres est dont tétraédral, celui des droites monodynes également, les deux complexes admettent le même tétraèdre principal.

HYDRODYNAMIQUE. — *Oscillations au voisinage du lieu d'émersion d'un solide dans le cas des ondes par émersion en milieu indéfini.* Note de M. R. Risser, présentée par M. L. Lecornu.

Si le mouvement des particules fluides situées à la surface et assez loin de la zone d'émersion a été étudié en détail dans le cas d'un milieu indéfini, celui des particules voisines du lieu d'émersion ne l'a pas été en faisant état

des valeurs de la dénivellation données par Poisson, Cauchy et M. Boussinesq.

Rappelons à cet égard que l'on peut passer des formules de M. Boussinesq à celles de Poisson et Cauchy et faisons observer avec M. Hadamard ([1]) que la solution de M. Boussinesq, et celle résultant de l'intégration d'une certaine équation intégro-différentielle qui caractérise le mouvement des ondes, sont équivalentes dans le cas à l'étude.

On sait que si l'on désigne par φ le potentiel des vitesses. et par $F(x, y)$ les petites ordonnées primitivement connues de la surface, les équations relatives au problème des ondes par émersion dans un milieu indéfini à trois dimensions sont les suivantes :

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial t^4} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \tag{1}$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0, \tag{2}$$

avec les conditions

$$\left\{\begin{array}{lll} \varphi = 0, & \dfrac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0, & \left(\dfrac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{z=0} = F(x, y), \text{ pour } t = 0, \\ \varphi = 0, & \dfrac{\partial \varphi}{\partial(x, y, z, t)} = 0 & (\text{pour } t, x, y \text{ ou } z \text{ très grands}). \end{array}\right. \tag{3}$$

L'examen du potentiel des vitesses de Poisson ([2]), où l'on fait $g = 1$

$$\varphi = -\frac{t}{\pi^2} \int\int_{-\infty}^{-\infty} \left(\frac{\partial Z}{\partial z} + \frac{t^2}{3!}\frac{\partial^2 Z}{\partial z^2} + \frac{t^4}{5!}\frac{\partial^3 Z}{\partial z^3} \cdots\right) F(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta,$$

avec

$$Z = \frac{\pi}{2\sqrt{z^2 + (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}},$$

montre que la série entre parenthèses sous le signe $\int\int$ sera d'autant plus convergente que le rapport $\frac{t^2}{\sqrt{z^2 + (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}$ sera plus petit, et que cette série sera en défaut quelque petit que soit le temps t, si l'on considère un point de la surface fluide pris dans l'étendue de l'ébranlement primitif. Il y a donc lieu de chercher ce qui se passe en réalité aux points de la surface dont les coordonnées x, y sont respectivement comparables à ξ et η.

([1]) Voir sa Communication du 21 mars 1910.

([2]) Voir page 144 de son mémoire sur la théorie des ondes.

Nous guidant sur la méthode préconisée par M. Boussinesq dans le cas de deux dimensions (cylindre immergé dont les génératrices sont perpendiculaires à l'axe du canal), nous adoptons pour expression de la dénivellation

$$(4)\qquad A = \frac{4}{\pi^2 t}\frac{d}{dt}\int_0^{\frac{\pi}{2}} d\mu \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\infty} \left(\frac{t^2\cos\mu}{4r}\right)^{\frac{3}{2}} \psi'\left(\frac{t^2\cos\mu}{4r}\right) \times F(x + r\cos\theta,\, y + r\sin\theta)\, dr \quad (^1),$$

où F n'est autre que la fonction apparaissant dans le groupe de conditions (3) et où ψ est définie par

$$\psi(\gamma) = \int_0^{\sqrt{\gamma}} \sin(\gamma - \mu^2)\, d\mu = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{2}}(\sin\gamma - \cos\gamma) + \int_0^{\infty} e^{-2m\sqrt{\gamma}} \cos m^2\, dm.$$

Nous remplacerons le corps par son paraboloïde osculateur, et substituerons alors $H\left[1 - \left(\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}\right)\right]$ à $F(x, y)$.

Dans l'expression de la dénivellation qui peut s'écrire

$$(5)\qquad h = \frac{4}{\pi^2 t}\frac{d}{dt}\int_0^{\frac{\pi}{2}} d\mu \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta \int_0^{\infty} \left(\frac{t^2\cos\mu}{4r}\right)^{\frac{3}{2}} \psi'\left(\frac{t^2\cos\mu}{4r}\right) \times F(x \pm r\cos\theta,\, y \pm r\sin\theta)\, dr,$$

la fonction F n'a de valeur que si

$$-a < x \pm r\cos\theta < a, \qquad -b < y \pm r\sin\theta < b.$$

Nous n'étudierons ici que le cas $x < a$, $y < b$, et remarquerons qu'en la circonstance

$$h = \frac{4}{\pi^2 t}\frac{d}{dt}\int_0^{\frac{\pi}{2}} d\mu \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta \left(\sum \int_0^{r'_i}\right) \qquad \text{avec } (i = 1, 2, 3, 4)$$

et

$$r'_1 = \sqrt{(a-x)^2 + (b-y)^2}, \qquad r'_2 = \sqrt{(a+x)^2 + (b-y)^2},$$
$$r'_3 = \sqrt{(a-x)^2 + (b+y)^2}, \qquad r'_4 = \sqrt{(a+x)^2 - (b+y)^2}.$$

Les fonctions F, entrant dans les deux premiers éléments de Σ, sont respectivement

$$F(x + r\cos\theta,\, y + r\sin\theta) \quad \text{et} \quad F(x - r\cos\theta,\, y + r\sin\theta),$$

et celles entrant dans les autres sont

$$F(x + r\cos\theta,\, y - r\sin\theta) \quad \text{et} \quad F(x - r\cos\theta,\, y - r\sin\theta).$$

---

(1) Voir formule (238), page 644, *Traité des potentiels* de M. Boussinesq.

Si l'on s'en tient à une première approximation et si l'on prend pour valeur approchée de F

$$(F) = \frac{\text{volume du corps immergé}}{\pi ab},$$

on voit que, dans le cas envisagé, on a

$$h = \frac{1}{\sqrt{2}\pi t}(F)\frac{d}{dt}\int_0^{\frac{\pi}{2}} t^2 \cos\mu \, d\mu \left(\sum \int_{\alpha_i}^{\infty}\right),$$

avec

$$\alpha_i^2 = \frac{t^2\cos\mu}{2r_i} \quad \text{et} \quad \int_{\alpha_i}^{\infty} = \int_{\alpha_i}^{\infty} \psi'\left(\frac{\alpha^2}{2}\right) d\alpha.$$

Comme les α_i sont des nombres positifs considérables, on peut, ainsi que l'a fait M. Boussinesq, substituer $-\frac{1}{\alpha}\psi\left(\frac{\alpha^2}{2}\right)$ à $\int_{\alpha}^{\infty}$, et, par suite, donner à h une forme relativement simple.

Si l'on prend le point (x, y) extrêmement près du centre de la section à fleur d'eau, les longueurs r'_i ont pour valeur principale $\mathcal{R} = \sqrt{a^2 + b^2}$, et tous les α_i peuvent être assimilés à $\frac{t\sqrt{\cos\mu}}{\sqrt{2\mathcal{R}}}$; on voit alors que

$$h = \sqrt{\frac{\mathcal{R}}{\pi}}\frac{(F)}{t}\frac{d}{dt}\int_0^{\frac{\pi}{2}} t\sqrt{\cos\mu}\sin\left(\frac{t^2\cos\mu}{4\mathcal{R}} - \frac{\pi}{4}\right) d\mu.$$

On détermine par un procédé identique la valeur de la dénivellation dans le cas correspondant respectivement à

$$(x > a, y > b), \quad (x > a, y < b) \quad \text{et} \quad (x < a, y > b).$$

AVIATION. — *Méthode graphique pour l'adaptation des hélices aux avions.* Note [1] de M. **Delanghe**, présentée par M. Rateau.

Un planeur étant muni de M moteurs identiques placés en parallèle, nous nous proposons de déterminer parmi les hélices d'une famille à un seul paramètre h, celle qui fournit la puissance effective maximum à une altitude Z donnée sur une trajectoire rectiligne de pente donnée.

Pour chaque vitesse d'avancement v d'un groupe motopropulseur déter-

[1] Séance du 26 novembre 1923.

miné, à l'altitude Z, on peut calculer la valeur du rendement ρ et du nombre de tours unitaire n de l'hélice ainsi que la puissance W_z du moteur. Les résultats expérimentaux obtenus avec les familles d'hélices et les moteurs montrent que la puissance effective ρW_z d'un groupe motopropulseur n'atteint son maximum maximorum, pour une vitesse donnée, que si l'hélice permet au moteur de tourner au régime maximum admissible. Dès lors, la puissance W_{zm} du moteur et le nombre de tours unitaire n_m de l'hélice qui correspondent à l'adaptation optimum se trouvent connus.

Soient alors a_z le poids spécifique de l'air à l'altitude Z, β le coefficient de puissance et D le diamètre de l'hélice; on a

$$W_{zm} = \frac{a_z}{g} \beta n_m^3 D^5, \tag{1}$$

ou, si l'on désigne par χ l'expression $\frac{\beta}{\gamma^5}$, dans laquelle $\gamma = \frac{v}{nD}$,

$$\chi = \frac{W_{zm} n_m^2}{\frac{a_z}{g} v^5}. \tag{2}$$

Considérons l'enveloppe

$$\Phi(\chi, \rho) = 0 \tag{3}$$

des courbes de rendement $\rho = f(\chi, h)$ de la famille d'hélices. Il est possible de tracer également une courbe

$$\Psi(\chi, \rho) = 0 \tag{4}$$

relative au planeur en mouvement sur une trajectoire de pente quelconque. En effet, les deux équations de portance et de résistance permettent de calculer pour chaque valeur de la vitesse v, la puissance W_u absorbée par l'avion et par suite :

1° Le coefficient $X = \frac{W_{zm} n_m^2}{\frac{a}{g} v^5}$ qui en l'espèce ne dépend que de v;

2° Le rendement nécessaire $\rho = \frac{W_u}{M W_{zm}}$.

Les points d'intersection de l'enveloppe Φ et de la courbe Ψ déterminent les valeurs de χ, γ, v, D, h cherchées.

Extension au cas d'un tandem de deux hélices. — D'après le théorème de Froude, la vitesse relative v' du souffle de l'hélice avant est liée à la trac-

tion T par la relation

$$(5)\qquad \left(\frac{v'}{v}\right)^2 = 1 + \frac{T}{\frac{a_z}{2g}\frac{\pi D^2}{4}v^2},$$

ou

$$(6)\qquad \left(\frac{v'}{v}\right)^2 = 1 + \frac{8}{\pi}\frac{\alpha}{\gamma^2} \qquad \left(\alpha = \frac{T}{\frac{a_z}{2g}n^2 D^4}\right).$$

L'hélice arrière, supposée en entier dans le souffle de l'hélice avant, exerce une traction T' et absorbe une puissance W'_z. Son rendement aérodynamique est, par définition,

$$(7)\qquad \rho' = \frac{T' v'}{W'_z};$$

mais son rendement effectif sur l'avion est

$$(8)\qquad \rho'_{\text{eff.}} = \frac{T' v}{W'_z} = \rho' \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{8}{\pi}\frac{\alpha}{\gamma^2}}}.$$

Le rendement de l'ensemble du tandem a donc pour expression

$$(9)\qquad \rho_g = \frac{\rho W_z + \rho'_{\text{eff.}} W'_z}{W_z + W'_z}.$$

Pour chaque valeur de v, il est possible de calculer le coéfficient

$$\chi = \frac{W_{zm} n_m^2}{\frac{a_z}{g} v^5},$$

par suite γ, h, α d'après l'enveloppe (3), v' d'après l'équation (6) et le coefficient

$$\chi' = \frac{W'_{zm} n'^2_m}{\frac{a_z}{g} v'^5}$$

relatif à l'hélice arrière. On en déduit, d'après l'enveloppe (3), les valeurs ρ et ρ' correspondantes.

On calcule d'autre part le rendement nécessaire pour le planeur,

$$\rho = \frac{W_u}{W_{zm} + W'_{zm}},$$

en fonction de la vitesse v d'avancement.

L'intersection des courbes $\Phi_1(\rho_g, v) = 0$, $\Psi_1(\rho, v) = 0$ fournit v, par suite χ, h, γ, v', h', γ' et l'adaptation des hélices.

Remarque. — Si les deux hélices ne sont pas de la même famille, il faut recourir aux deux enveloppes correspondantes.

Généralisation. — Si l'avion est muni de M groupes motopropulseurs dissemblables, il suffit encore de considérer l'intersection de la courbe $\Phi_1(\rho, v) = 0$ relative au planeur avec la courbe $\Psi_1(\rho_g, v) = 0$, ρ_g étant le rendement de l'ensemble des M groupes

$$\rho_g = \frac{\Sigma_1^M \rho W_{zm}}{\Sigma_1^M W_{zm}}.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Comparaison de plusieurs radiations émises par le noyau des comètes, et d'origine encore inconnue, avec le spectre du bec Mecker.* Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

I. Les photographies spectrales de la plupart des comètes montrent une série de lignes brillantes, plus ou moins nettes, très courtes, émises uniquement par les gaz qui se trouvent en contact immédiat avec le noyau. Les épreuves obtenues au prisme-objectif donnent de fines images monochromatiques parmi lesquelles certaines sont piquées comme des images stellaires. Les plus intenses sont groupées entre λ 400 et λ 410; un petit groupe plus faible se trouve autour de λ 431; les autres, très faibles, sont dispersées dans tout le spectre. Avec M. A. de la Baume Pluvinel [1], nous en avons mesuré 47 dans la comète Brooks (1911 *c*) qui fut, à cet égard, une des plus remarquables. L'origine de ce spectre, particulier aux noyaux des comètes, est entièrement inconnue; aucune identification avec les nombreux spectres terrestres n'a pu être établie jusqu'à présent.

On le retrouve dans dix-huit comètes observées depuis 1881. Le tableau ci-après donne, pour la première fois, les longueurs d'ondes moyennes de toutes les radiations mesurées dans le groupe caractéristique 400-410. Pour l'établir, j'ai choisi les observations concordantes faites sur les neuf comètes suivantes : Rordame-Quénisset (1893 *b*), Gale (1894 *b*), Swift (1899 *a*), Borelly (1913 *c*), Daniel (1907 *b*), Halley (1909 *c*), Brooks (1911 *c*), Zlatinsky (1914 *b*), Mellish (1915 *a*), obtenues avec des spectrographes à fente, tous à un prisme et de dispersions comparables. Les quelques reproductions des photographies des spectres accompagnant les

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1286.

mémoires, ainsi que les clichés originaux des collections de M. de la Baume Pluvinel et de l'Observatoire de Meudon, montrent que le groupe caractéristique a toujours présenté le même aspect dans les différentes comètes.

Bec Mecker.			Comètes.		
Raffety.	Baldet.				
	Int.	λ.	Int.	λ.	N (¹).
4108	1	4110	1	4109	2
			1	4099,7	5
4095,3	2	4095,0			
4084,8	2	4085,0	1	4086	2
4074,0	3	4075,5	3	4073,9	7
4066,0	5	4067,1	3	4066,3	5
4060,7	4	4058,6	Intervalle sombre		
4053,0 } 4047,8 }	4	4050,0	5	4051,7	9
4043,2	2	4043	3	4042,9	6
4040,0	2	4039	3	4039,6	3
4037,0	2	4035,0			
4031,3			1	4032,5	2
4025,2	3	4026,5			
			2	4019,6	5 (²)
			1	4013,5	6
			1	4002,0	5 (²)
			1	3992,8	3
			1	3987,9	7

II. En étudiant le spectre de Swan donné par la flamme du bec Mecker, M. Raffety a découvert en 1916 (³) une série de très faibles raies (ou bandes) entre λ 402 et λ 410, précisément dans la région du groupe caractéristique du noyau. Je les ai obtenues également à l'Observatoire de Meudon, en suivant la technique de l'auteur, mais en employant une dispersion moindre pour faciliter la comparaison avec les spectres cométaires. On trouvera les mesures de M. Raffety et les miennes en regard des longueurs d'ondes du spectre à identifier.

L'examen du tableau montre que, dans la limite de précision des mesures, qui dépasse à peine l'angström, il y a concordance entre les spectres comé-

(¹) Nombre de comètes dans lesquelles ces radiations ont été observées.

(²) Ces deux radiations ne doivent pas être confondues avec celles du doublet : 4020,4 — 4001,3 du spectre de Fowler (CO à basse pression).

(³) *Philosophical Magazine*, t. 32, 1916, p. 555.

taire et terrestre. De plus, elle a lieu avec des radiations trouvées dans la flamme des hydrocarbures dont les principales (spectre de Swan) ont été observées, comme on le sait, dans toutes les comètes. Il serait cependant prématuré de conclure à l'identification des deux spectres à cause des lacunes qu'ils présentent de part et d'autre. L'analogie est néanmoins assez étroite et méritait d'être signalée.

ASTRONOMIE. — *L'univers sidéral et la théorie de la relativité*. Note de M. **E.-M. Lémeray**, présentée par M. L. Lecornu.

La vue immédiate du ciel montre que la Voie lactée se compose, dans une grande partie de son cours, de deux branches plus ou moins nettes, tantôt réunies par des ponts, tantôt assez éloignées et diffuses.

Quant aux nébuleuses, l'examen télescopique montre qu'à l'inverse des étoiles, elles ont une concentration marquée vers les pôles galactiques.

La Voie lactée est-elle un amas à peu près lenticulaire comme la plupart des astronomes le pensent? Dans ce cas, le Soleil serait voisin du centre et la concentration polaire apparente des nébuleuses serait due à une légère opacité du milieu dont le maximum se trouverait dans l'amas galactique.

Si, avec d'autres observateurs, on admet que la Voie lactée n'est pas un amas comme les autres, mais est immensément grande au point d'englober l'univers entier, étoiles et nébuleuses, on peut se proposer de trouver une tout autre explication.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que la Voie lactée pouvait être une simple apparence due à la courbure des rayons lumineux, d'après la théorie de la relativité.

Comme grossière approximation, nous avons considéré le cas d'une densité moyenne uniforme et obtenu la répartition suivante pour l'observateur effectif :

$$\gamma = \frac{2}{3}a^3 \frac{s^2\sqrt{2-s^2}\,[(2-s^2)^2+s^4\,\mathrm{tang}^2\psi]\,[1+\mathrm{tang}^2\psi]^{\frac{3}{2}}}{[2-s^2+s^2\,\mathrm{tang}^2\psi]^2\sqrt{2-s^2+s^4\,\mathrm{tang}^2\psi}},$$

s est un paramètre définissant la position de l'observateur par rapport au centre; ψ, un angle *mesuré* par le même observateur; γ est, non pas l'intensité bien entendu, mais le nombre relatif d'étoiles par unité d'angle solide

[1] *Comptes rendus*, 10 juillet 1922.

et dans une direction faisant l'angle ψ avec la direction centre-observateur.

Les recherches poursuivies depuis notre première Communication nous ont conduit aux résultats suivants :

La courbe de répartition, construite pour le cas de $s = 0,5$ par exemple, en prenant des coordonnées rectangulaires ψ et γ, a la forme d'un *M* italique; elle présente deux maxima et trois minima; elle est symétrique par rapport à l'ordonnée centrale $\psi = 0$ (plan galactique moyen); les deux minima, pour $\psi = \pm \frac{\pi}{2}$, sont très inférieurs au minimum central; ils correspondent aux pôles galactiques; les deux maxima sont d'autant plus accentués et rapprochés que s est plus petit.

Dans cette théorie, ces maxima correspondent aux deux branches de la Voie lactée, expliquées ainsi, du moins par approximation.

La courbe ainsi décrite se rapporte à l'ensemble des astres; mais il faut faire un départ entre ceux dont le paramètre est plus grand que celui de l'observateur, et ceux qui se trouvent dans le cas contraire. Pour les premiers, il y a concentration double équatoriale (galactique) et, pour une valeur donnée de s, la courbe qui représente leur répartition est plus accentuée que la précédente. Pour les autres, la courbe est toute différente; il y a concentration *polaire*, maxima pour $\psi = \pm \frac{\pi}{2}$.

On expliquerait donc les traits essentiels : Voie lactée à deux branches, concentration polaire des nébuleuses, en considérant l'univers sidéral comme composé de nébuleuses prédominant dans une région centrale, et d'étoiles prédominant en dehors de cette région : le soleil serait dans une région de transition, très large d'ailleurs, et n'aurait plus la position privilégiée quasi centrale qu'il fallait lui attribuer dans les hypothèses en cours.

L'existence de ponts et l'écartement variable des deux branches résulteraient des écarts à la loi trop simple que nous avons admise.

La vitesse des rayons lumineux, celle que mesure l'observateur effectif (méthodes de Fizeau, Foucault, etc.), ne doit pas être calculée à la manière ordinaire par suite de la courbure du plan de la trajectoire; en appliquant une méthode plus correcte, puis en transformant conformément à la relativité générale, on trouve que, pour cet observateur, la vitesse sera la même dans toutes les directions.

OPTIQUE. — *Sur la précision de l'expérience de Michelson.* Note [1] de M. E. **Brylinski**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les résultats négatifs obtenus jusqu'en 1922 et le résultat positif, mais beaucoup plus petit que les prévisions, obtenu en 1922 [2], obligent à examiner si ces résultats ne tiendraient pas aux conditions mêmes de l'expérience.

Pour donner plus de sensibilité à l'essai, on dérègle d'un angle ε l'un des miroirs M, par exemple, en maintenant les notations d'une Note antérieure [3]. Dans ces conditions la direction de propagation de l'onde réfléchie, au lieu de faire avec OM, l'angle α de l'onde incidente, ou l'angle $\alpha + 2\varepsilon$ que l'on obtiendrait si le plateau était au repos absolu, fait un angle θ pour lequel des calculs simples, mais un peu longs, donnent l'expression

$$\operatorname{tang}\frac{\alpha+\theta}{2} = \frac{\sin(\alpha+\varepsilon)}{\cos(\alpha+\varepsilon)+\beta\sin\varepsilon}.$$

La déviation ε du miroir introduit d'ailleurs dans la marche d'un élément de l'onde un chemin supplémentaire qui modifie à la fois la durée du trajet et l'écart du centre de l'écran à l'arrivée de cet élément sur l'écran. En reprenant les calculs suivant la marche adoptée dans la Note rappelée ci-dessus, on trouve, en négligeant des termes d'ordre supérieur pour l'élément de l'onde qui arrive au centre de l'écran, une durée de trajet dont la valeur est, au quatrième ordre près,

$$t_1 = \frac{l}{c}\left[3\left(1+\frac{\beta^2}{2}\right) + 4\sin^2\varepsilon - \beta\left(2-\frac{\beta}{2}\right)\operatorname{tang}\varepsilon\right].$$

Il résulte d'ailleurs des conditions mêmes de l'expérience que l'angle ε est étroitement limité, et de l'ordre de grandeur de β tout au plus.

Le temps t_2 du trajet de l'onde qui va se réfléchir sur le miroir M_2 n'étant pas modifié, on aura, à l'approximation admise,

$$t_2 - t_1 = \frac{l}{c}\left[\beta^2 - 4\varepsilon^2 + \beta\varepsilon\left(2-\frac{\beta}{2}\right)\right].$$

On voit aisément que l'angle ε de déréglage est lié à la longueur d'onde λ et

---

[1] Séance du 26 novembre 1923.

[2] Voir *Physical Review*, 19e vol., 2, 1922; *Dayton C. Miller : Ether Drift Experiment at Mount Wilson Solar observatory*.

[3] Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 874 à 876.

à la largeur δ des franges obtenues sur l'écran par la relation approchée suivante

$$\varepsilon = \pm \frac{\lambda}{2\delta},$$

de telle sorte que la distance x du centre de l'écran à laquelle se trouvera la raie brillante la plus rapprochée aura pour valeur, en prenant la longueur d'onde moyenne d'un demi-micron,

$$x = \pm 0,02\,\delta l \left[1 \pm \frac{5}{\delta} - \frac{25}{\delta^2}\right].$$

On voit que x s'annule, c'est-à-dire qu'il n'y aura aucune déviation pendant la rotation du plateau lorsque la largeur des franges sera approximativement égal à 3^{mm} pour les valeurs positives de ε et 8^{mm} pour les valeurs négatives de ε.

Ceci pourrait suffire à expliquer les résultats obtenus.

Mais il y a lieu, en outre, de tenir compte de la valeur de v à introduire dans les équations, valeur pour laquelle on prend, en général, le double de la vitesse relative de la Terre, soit environ 60 km : s. Or la valeur à adopter est seulement celle de la composante de la vitesse absolue dans le plan du plateau.

Tout d'abord, si la vitesse d'entraînement du système solaire vers l'apex paraît à peu près égale à la vitesse moyenne relative de la Terre, elle ne coïncide jamais en direction avec cette dernière, de sorte que si φ_1 est l'angle minimum de ces deux vitesses et φ_2 leur angle maximum, la résultante oscillera entre $60 \cos \frac{\varphi_1}{2}$ et $60 \cos \frac{\varphi_2}{2}$, et que, v entrant au carré dans les formules, l'ordre de grandeur envisagé pour le résultat devra être multiplié par un coefficient compris entre $\cos^2 \frac{\varphi_1}{2}$ et $\cos^2 \frac{\varphi_2}{2}$ qui pourra être beaucoup plus petit que l'unité.

D'autre part cette vitesse résultante ne sera pas, en général, dans le plan du plateau de Michelson, et devra, de ce fait, être multipliée par un coefficient variable avec la latitude du lieu et l'heure de l'observation, qui sera le plus souvent compris entre 0 et 1, mais qui pourra être nul dans certaines conditions.

On voit que suivant les conditions de détail de l'expérience, suivant la position géographique du lieu et suivant la date et l'heure des essais, on devra aboutir à des déplacements de franges très variables, qui seront le plus souvent inférieurs à ceux qui ont été prévus jusqu'à présent, et qui pourront même s'annuler dans des cas fréquents.

RADIATION. — *Sur la théorie de la diffusion des rayons X.* Note de MM. **Edmond Bauer**, **Pierre Auger** et **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

M. Compton dans un remarquable travail sur la diffusion des rayons X a utilisé une règle de *correspondance* dont la forme est assez arbitraire (1). Nous pensons qu'on peut énoncer un principe plus conforme à ce qui semble essentiel dans la notion introduite par Bohr.

Développant les idées déjà émises par l'un de nous (2), nous admettrons que le processus de la diffusion des rayons X par un électron libre se décompose de la façon suivante :

1° L'électron commence par absorber, suivant un mécanisme continu ou discontinu dont nous ignorons tout actuellement, un quantum entier $h\nu$ du rayonnement incident; il acquiert ainsi par suite de la pression de radiation une certaine vitesse v.

2° Il rayonne le quantum absorbé. Les fréquences, les intensités et les polarisations du rayonnement diffusé sont *en moyenne* les mêmes que si la diffusion était produite suivant les lois classiques par des électrons animés de la vitesse v. (Principe de correspondance.)

La quantité de mouvement et l'énergie totale devant se conserver lors de l'absorption du quantum par l'électron, on doit avoir

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{\mu}{\sqrt{1-\beta^2}}\,v \qquad \left(\beta = \frac{v}{c}\right),$$

$$mc^2 + h\nu = \frac{\mu}{\sqrt{1-\beta^2}}\,c^2,$$

c étant la vitesse de la lumière, m la masse de l'électron avant l'absorption, et μ la masse (au repos) de l'électron *modifié par l'absorption du quantum.* En divisant membre à membre ces deux relations on obtient

$$\frac{v}{c} = \frac{\dfrac{h\nu}{mc^2}}{1 + \dfrac{h\nu}{mc^2}},$$

(1) A.-H Compton, *Phys. Rev.*, II, 21, 1923, p, 483.

(2) Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1031.

Cette vitesse v est dirigée parallèlement au rayonnement incident; elle est précisément égale à la « vitesse équivalente » introduite par Compton [1]. L'application du principe de correspondance, sous la forme que nous avons admise, conduit donc exactement pour les fréquences et les intensités aux formules obtenues et vérifiées par ce physicien.

En ce qui regarde la réémission du quantum par l'électron, deux hypothèses sont possibles. On peut d'abord se placer à un point de vue semi-classique, et admettre que cette réémission se fait sous forme d'un train d'ondes sphériques [2]. L'électron garderait alors finalement la vitesse v (en grandeur et direction).

Si l'on adopte au contraire la théorie des quanta projectiles, on admettra que le quantum diffusé est émis brusquement dans une direction déterminée, l'électron subissant alors un certain recul. Les calculs de Compton donnent, dans ce cas, la vitesse finale de l'électron, qui fera en général un angle non nul avec la direction du rayonnement incident.

Des expériences utilisant par exemple la méthode de C. T. R. Wilson doivent permettre de trancher entre ces deux hypothèses.

Le temps qui sépare l'absorption du quantum et sa réémission est probablement très court, mais il nous semble difficile de le supposer rigoureusement nul, même dans la théorie des quanta projectiles. La considération de cet état intermédiaire permet en effet une application très directe du principe de correspondance et justifie immédiatement la méthode utilisée par Compton pour calculer les intensités.

Enfin les polarisations doivent aussi être les mêmes que si la diffusion était produite suivant les lois classiques par un électron animé de la vitesse v. En particulier la polarisation doit être complète dans une direction faisant avec ce rayon un angle θ donné par la relation $\cos\theta = \beta$.

Remarquons que pour la première fois dans l'hypothése des quanta, l'absorption et l'émission de lumière sont liées à des modifications d'un électron libre (ou presque) et non à celles d'un complexe atomique. C'est l'électron qui est ici l'agent principal du phénomène optique. A ce point de vue la théorie des quanta se rapproche un peu de la théorie classique.

---

(1) A.-H. COMPTON, *loc. cit.*, p. 487.

(2) ED. BAUER, *loc. cit.*

OPTIQUE. — *A propos des théories de la polarisation rotatoire naturelle.* Note (¹) de M. **H. Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

Les intéressantes recherches expérimentales de M. Longchambon sur le pouvoir rotatoire des cristaux biaxes donnent un regain d'actualité à l'étude, déjà ancienne, de la propagation de la lumière dans les milieux dépourvus de centre de symétrie.

Il faut remonter à Mac Cullagh pour retrouver un énoncé qui échappe aux critiques élevées à juste titre contre certaines théories modernes.

On sait que Fresnel interprétait la loi de dispersion rotatoire de Biot en énonçant que les corps isotropes-dissymétriques propagent deux ondes circulaires droite et gauche, dont la différence des indices varie en raison inverse de la période τ. Ce fut la lecture du *Report on Physical Optics* présenté par Lloyd à l'Association britannique, rapport où se trouvait mise en relief la remarque de Fresnel, qui suggéra tout d'abord à Mac Cullagh l'idée de substituer aux équations de propagation dans les milieux anisotropes

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = A\frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2}, \qquad \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = B\frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2}, \qquad (Oz \text{ direction de propagation})$$

les équations plus générales

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = A\frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} + C\frac{\partial^3 \eta}{\partial z_3}, \qquad \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = B\frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2} - C\frac{\partial^3 \xi}{\partial z^3}.$$

Présentée en 1836 sous une forme que Whethell (*History of Inductive Sciences*) qualifiait d'*obscur and oracular*, cette notion nouvelle fut précisée par son auteur dès que Babinet lui eut signalé le phénomène de dispersion des axes optiques. Il y trouva la confirmation de vues théoriques remontant à 1839 et les publia en 1842 dans son Mémoire *On the dispersion of the optic axes, and of the axes of elasticity in biaxal crystals.*

Mac Cullagh montre que l'équation du travail virtuel donné par Green :

$$\int\left(\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}\delta\xi + \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}\delta\eta + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}\delta\zeta\right)d\varpi \equiv \int \delta V\, d\varpi$$

rend compte des lois de Fresnel lorsqu'on choisit pour potentiel interne V une fonction du curl XYZ $\left(X = \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\partial \eta}{\partial z}, \cdots\right)$; remarque qui devait, un quart de siècle plus tard, suggérer à Maxwell la forme correcte de l'équation d'Ampère.

Étendant cette hypothèse et considérant à cet effet le potentiel V comme fonction, non seulement de X, Y, Z, mais encore des dérivées de tous ordres de X, Y, Z par rap-

(¹) Séance du 26 novembre 1923.

port aux coordonnées x, y, z, il ajoute qu'on explique de cette façon la polarisation rotatoire naturelle ainsi que la dispersion structurale.

A la vérité Mac Cullagh complétait son énoncé en stipulant que V ne dépend que de X, Y, Z et de ses curls successifs. Toutefois, en ce qui concerne le pouvoir rotatoire, on reconnaît que cette hypothèse additionnelle ne restreint pas la généralité des résultats.

En 1868 Sarrau et M. Boussinesq publiaient (*Journal de Liouville*) deux théories dont voici l'expression en langage électromagnétique :

Désignant par H, E, D, P le champ magnétique, le champ électrique, l'induction électrique et la polarisation diélectrique, on aurait, en se limitant aux termes de pouvoir rotatoire inclus :

$$(1)\qquad E = f_1\left(D, \frac{\partial D}{\partial x}, \frac{\partial D}{\partial y}, \frac{\partial D}{\partial z}\right) \qquad \text{(d'après Sarrau)},$$

$$(2)\qquad P = f_2\left(E, \frac{\partial E}{\partial x}, \frac{\partial E}{\partial y}, \frac{\partial E}{\partial z}\right) \qquad \text{(d'après M. Boussinesq)},$$

f_1 et f_2 désignant les fonctions vectorielles linéaires les plus générales. A l'une comme à l'autre de ces relations, il faut adjoindre les équations d'Ampère et de Faraday :

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \text{curl}\, H, \qquad \frac{\partial H}{\partial t} = -\,\text{curl}\, E \qquad \text{(unités de Heaviside, } c = 1\text{)}.$$

Comparons ces résultats à ceux de Mac Cullagh. Les équations de ce physicien sont du type (1) proposé par Sarrau, mais font de plus appel à la notion de potentiel interne. D'une manière générale nous dirons qu'*un vecteur* $F(x, y, z)$, *fonction d'un vecteur* $D(x, y, z)$ *et de ses dérivées premières par rapport aux coordonnées* x, y, z, *dérive d'un potentiel* U *lorsque ce vecteur* E *vérifie l'identité*

$$(1')\qquad \int (E.\delta D)\, d\varpi \equiv \int \delta U\, d\varpi$$

et cela, pour tout système de variations virtuelles δD_x, δD_y, δD_z *uniquement assujetties à s'annuler sur les surfaces de discontinuité, ainsi qu'à l'infini.*

Dans le langage de la théorie électromagnétique c'est manifestement le type (2) d'équations de M. Boussinesq qui doit être adopté de préférence au type (1) d'équations de Sarrau. Conformément aux vues de Green et de Mac Cullagh nous postulerons que la *polarisation diélectrique* P *est une fonction vectorielle linéaire* de E, $\frac{\partial E}{\partial x}$, $\frac{\partial E}{\partial y}$, $\frac{\partial E}{\partial z}$ *dérivant d'un potentiel.* Nous avons

donc l'identité

$$\int (\mathrm{P}.\delta\mathrm{E})\, d\varpi \equiv \int \delta\mathrm{W}\, d\varpi \tag{2'}$$

de laquelle découlent les formules

$$\mathrm{P}_x = \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \mathrm{E}x} - \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \frac{\partial \mathrm{E}x}{\partial x}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \frac{\partial \mathrm{E}x}{\partial y}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \frac{\partial \mathrm{E}x}{\partial z}} \right). \tag{2''}$$

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la pénétration des substances radioactives dans les métaux*. Note (¹) de Mlle **St. Maracineanu**, présentée par M. G. Urbain.

L'hypothèse de la pénétration des substances radioactives dans les métaux qui leur servent de support a été émise par Mme Curie pour expliquer la divergence des valeurs trouvées pour la constante du polonium.

Pour vérifier cette supposition j'ai entrepris quelques expériences sur du polonium et sur de l'actinium. Ces expériences peuvent être classées comme il suit :

1. *Expériences à la température ordinaire*. — *a*. On évapore au bain-marie une goutte d'une solution de polonium déposée sur une très mince feuille d'or, exempte de trous, cette feuille retournée est placée sur un disque de cuivre recouvert d'un anneau ne laissant passer que le rayonnement qui traverse la feuille d'or d'une face à l'autre.

En mesurant le courant d'ionisation on trouve durant les premiers huit jours que l'intensité du rayonnement accuse une très légère augmentation pour continuer à diminuer suivant une loi exponentielle donnant une période apparente de 144 jours.

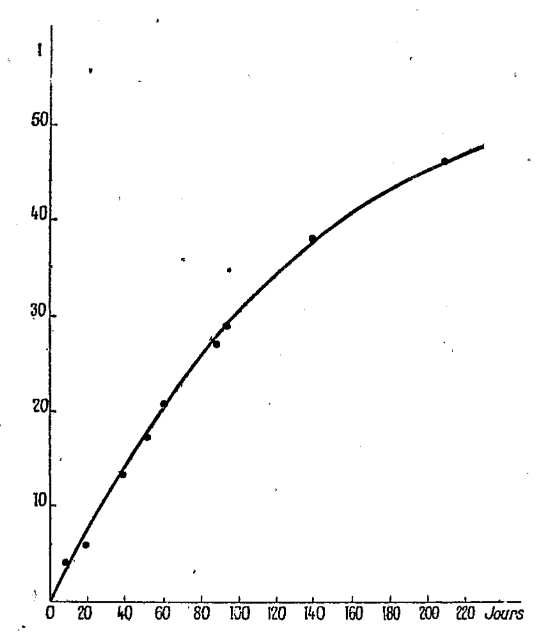
Les expériences ont duré 318 jours. Le polonium de ces expériences a été soigneusement purifié et ne contenait plus de Ra D + Ra E, pouvant donner du rayonnement pénétrant.

Une autre partie de la même préparation de polonium déposée toujours en évaporant de petites gouttes sur de l'or, mesurée en utilisant le courant d'ionisation donné par le rayonnement direct, donne une période de 138 jours.

(¹) Séance du 26 novembre 1923.

Ce résultat pourrait être expliqué par une pénétration lente du polonium d'une face à l'autre de la feuille d'or.

b. Quand le polonium a été déposé sur du plomb de $\frac{2}{100}$ à $\frac{4}{100}$ de millimètre d'épaisseur et que l'on mesure le courant d'ionisation pour le rayonnement qui traverse le métal, on constate une faible augmentation continue comme l'indique la courbe; tandis que l'intensité du courant d'ionisation donné par le rayonnement direct décroît suivant une loi exponentielle d'après une droite qui correspond à une période apparente $T = 134,5$ jours.



Les intensités du courant d'ionisation donné par le rayonnement qui traverse le plomb sont très faibles et par conséquent les mesures très délicates; de sorte qu'elles ont été faites soit à l'électromètre à quadrants, soit à l'électromètre Szillard (qui convient bien pour cet usage). Par exemple, le courant d'ionisation obtenu à travers une feuille mince de $\frac{2}{100}$ à $\frac{3}{100}$ de millimètre de Pb a augmenté depuis $I = 0$ à $I = 0,002$ U. E. S. durant 92 jours, alors que la valeur initiale de la goutte de Po était de 1,44 E. S.

c. Quelques expériences ont été faites en mesurant la décroissance du dépôt actif de l'actinium durant 250 à 300 minutes et dans certains cas on obtient des décroissances anormales qui pourraient indiquer une pénétration du dépôt de l'actinium dans le métal qui lui sert de support.

Sur des disques en verre, aucune pénétration n'a été remarquée ni dans le cas du Po, ni dans celui de l'actinium. Avec ce dernier, j'ai obtenu dans ces conditions des courbes très régulières dont on déduit la période de l'actinium B de $T = 36',0$.

Expériences à température élevée. — En évaporant des gouttes d'une solution de Po sur des feuilles minces d'or et sur du Pb mince de $\frac{2}{100}$ et $\frac{3}{100}$ de millimètre à $\frac{1}{10}$ de millimètre et en mesurant le courant d'ionisation donné par les rayons qui traversent le métal avant et après un chauffage à l'étuve de 180° à 200° durant 20 minutes pour de l'or et de 150° à 180° durant 2-24 heures pour du plomb, on constate que la pénétration est plus accentuée qu'à la température ordinaire.

Les variations pour du Pb de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur étaient par exemple de $I = 0$ avant le chauffage à $I = 16 \times 10^{-4}$ E.S. après le chauffage et de $I = 16 \times 10^{-4}$ E.S. à 3×10^{-3} E.S durant 92 jours après le chauffage; la valeur initiale de la goutte étant 0,79 U.E.S.

Sur des lamelles de verre très minces aucune pénétration n'a été constatée.

Dans d'autres conditions d'expériences qu'il est nécessaire d'étudier plus à fond le phénomène est encore beaucoup plus accentué, de sorte que la place active qui apparaît sur la face opposée peut être descellée par de nombreuses scintillations produites sur un écran au SZn ou par l'effet sur une plaque photographique.

Il est probable d'après ces expériences que le phénomène de pénétration soit la cause responsable des variations des valeurs trouvées pour la constante du Po et peut-être aussi pour d'autres constantes. On peut conclure que le support en verre est le plus indiqué pour la détermination de ces constantes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la diffusion de la vapeur de soufre dans l'air à la température ordinaire.* Note de M. **Chavastelon**, présentée par M. A. Haller.

Dans un tube de quartz transparent de 12^{cm} de long et 12^{mm} de diamètre extérieur, on introduit quelques grammes de fragments de soufre en canons, dont le diamètre moyen est compris entre $0^{mm},5$ et 1^{mm}. On les distribue sur toute la longueur intérieure du tube, après avoir formé, autour de la surface extérieure, par enroulement et dans l'ordre des métaux, 4 à 5 spires

avec des fils, décapés mécaniquement, d'argent, de plomb et de cuivre, de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de millimètre de diamètre,

Les spires d'argent sont à $2^{cm},5$ du côté ouvert du tube et les autres, à la suite, sont distantes de 2^{cm}, environ.

Ce petit tube est introduit horizontalement dans un autre, en quartz transparent également, de 24^{mm} de diamètre extérieur et de 15^{cm} de longueur. Le côté ouvert du premier est donc dirigé vers le fond du plus grand, sans s'y appliquer complètement, et on le maintient en place avec un tampon de coton de verre enveloppant un fragment d'acide métaphosphorique qui assurera la siccité de l'air intérieur. Un bon bouchon, paraffiné, de liège, introduit de force dans le grand tube en quartz, emprisonne un volume restreint d'air et assure une obturation hermétique.

On prépare, immédiatement après, un dispositif semblable, mais dans lequel le tampon de coton de verre est humecté d'eau.

Les deux groupes de tubes, contenant, l'un, de l'air sec, l'autre, de l'air saturé d'humidité, sont rangés côte à côte sur une étagère du laboratoire que n'atteignent jamais, directement, les rayons solaires.

L'emploi du quartz transparent rapproche le plus possible ces expériences de ce qu'elles seraient si l'on pouvait les faire à l'air libre, sans interposition d'un système rigide entre le soufre et les spires métalliques, puisque sont seules interceptées les radiations ultraviolettes de plus courte longueur d'onde.

Après dix-neuf mois d'exposition à la lumière, à des températures ayant varié de $+6°$ à $+35°$, du 20 mars 1922 au 23 octobre 1923, dans le tube à air sec, toutes les spires, intactes, ont conservé leur surface brillante; elles ne présentent aucune trace de sulfuration. Dans le tube à air humide, toutes les spires sont, après huit mois environ, très légèrement ternies, probablement par suite de l'ionisation de la vapeur d'eau.

Les vapeurs de soufre formées dans le petit tube de quartz ne se sont donc pas extravasées dans le grand. Le fait ne résulte pas d'une modification de la surface des fragments de soufre, car, si, par un mouvement convenable, on met le soufre en contact avec les spires métalliques, celles-ci se sulfurent assez rapidement.

Ces résultats confirment ceux déjà indiqués dans la précédente Communication.

Sur le même sujet, d'autres expériences sont en cours d'exécution.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de petites quantités de molybdène. Application au phosphomolybdate d'ammonium pour le titrage indirect du phosphore.* Note de M. **A. Vila**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. La mesure de petites quantités de phosphore, inférieures au dixième de milligramme, peut être rapidement effectuée par une méthode volumétrique, en dosant le molybdène dans le phosphomolybdate d'ammonium.

Les propriétés de l'oxyde salin bleu de molybdène $MoO^2, 4MoO^3$, corps bien défini depuis les travaux de M. M. Guichard [1], sur la constitution du bleu de molybdène, se prêtent très bien à cette application.

En principe on produit l'oxyde bleu aux dépens de l'anhydride molybdique et cet oxyde est ramené au degré d'oxydation supérieur par une liqueur titrée de permanganate de potasse. Ce genre de titrage, on le sait, s'opère avec une grande précision; MM. Fontes et Thivolle [2] l'ont montré récemment en instituant leur méthode molybdo-manganimétrique, basée sur la propriété de l'oxyde bleu d'être parfaitement stable en milieu acide phosphorique et de ne s'oxyder que sous l'action des réactifs employés.

En application de ces données, la combinaison molybdique à doser est réduite par l'hydrogène et le produit obtenu, bioxyde MoO^2 ou métal Mo, mis en présence d'un excès d'acide molybdique forme quantitativement un poids correspondant d'oxyde salin bleu.

L'ensemble des réactions est représenté par les réactions :

$$\text{(I)}\quad MoO^3 + H^2 = MoO^2 + H^2O, \qquad MoO^2 + 4MoO^3 = MoO^2, 4MoO^3, \quad \text{(II)}$$
$$\text{(III)}\quad MoO^2, 4MoO^3 + O = 5MoO^3, \qquad MoO^2 + 2H^2 = Mo + 2H^2O, \quad \text{(IV)}$$
$$\text{(V)}\quad Mo + 2MoO^3 = 3MoO^2.$$

II. Comme l'acide molybdique pur, le phosphomolybdate d'ammonium donne dans la première phase de réduction (I), entre 400° et 500°, du bioxyde de molybdène poudre bleu noir.

Expérience témoin. — MoO^3 pur, $0^g,2310$ chauffé 30 minutes à 400°-500° en nacelle de platine dans un courant d'hydrogène, a donné $0^g,2055$ d'oxyde noir. Calculé pour MoO^2 : $0^g,2053$.

Expérience sur $PO^4H, 12MoO^3$. — $0^g,1925$ de phosphomolybdate

---

[1] M. Guichard, *Annales de Physique et de Chimie*, 7e série, t. 23, p. 519.

[2] G. Fontes et L. Thivolle, *Bull. de la Soc. Chim. Biol.*, t. 4, 1922, p. 614; t. 5, 1923, p. 325.

d'ammonium déshydraté à 400°-500°, chauffé à la même température 30 minutes dans un courant d'hydrogène, a donné 0g,1695 d'oxyde noir. Calculé pour $PO^3H, 12MoO^2$: 0g,1706.

Ce bioxyde MoO^2, insoluble dans la plupart des réactifs, est attaqué par l'acide molybdique dissous dans l'acide phosphorique en donnant naissance à du bleu de molybdène soluble et l'expérience montre que le titrage molybdo-manganimétrique du bioxyde de molybdène s'opère quantitativement :

Dans un essai sur de petites quantités de phosphomolybdate d'ammonium et à la faveur d'une élévation de température au rouge, vers 700°, on constata, comme l'a indiqué M. Guichard, que la deuxième phase de la réduction s'était produite (II), le dépôt d'oxyde ayant fait place à du molybdène métallique. Par la suite, cette opération a toujours été répétée, avec succès, en quelques minutes.

Au rouge, la production du métal est d'autant plus rapide que la surface de l'oxyde en contact avec l'hydrogène est plus grande : cette condition est généralement réalisée dans les opérations analytiques. La réduction à l'état de molybdène confère alors au dosage molybdo-manganimétrique une très grande finesse, l'association des réactions (I), (II), (IV) et (V) produisant le bleu de molybdène avec le maximum de rendement.

III. Le mode opératoire adopté consiste à évaporer à sec, dans un tube à essai en silice transparente, la solution ammoniacale d'acide molybdique pur ou de phosphomolybdate d'ammonium pur. Le dépôt doit ne recouvrir que le tiers environ de la longueur totale du tube.

Dans le tube fermé on fait circuler un courant d'hydrogène pur et l'appareil est placé dans un four électrique à résistance, chauffé vers 700°. Après 15 minutes de chauffe, on retire le tube qui est laissé à refroidir dans l'hydrogène.

Le réactif d'attaque est une solution d'acide molybdique pur, 5g dans l'acide phosphorique à 60°, 10cm³, décolorée exactement au permanganate de potasse et amenée au volume de 50cm³ avec de l'eau distillée.

On chauffe avec précaution le réactif, versé par fractions de 2cm³ dans le tube en silice contenant le molybdène. Le bleu de molybdène, immédiatement formé, fait place à une liqueur sirupeuse, vert plus ou moins foncé, qui est laissée à refroidir. En additionnant d'eau et chauffant à l'ébullition, le bleu de molybdène se reforme intégralement. On le titre avec une liqueur de permanganate de potasse $\frac{N}{400}$. Le terme du virage est indiqué par la décoloration complète de la solution.

1^{cm^3} de $MnO^4K\ \frac{N}{400}$ correspond en milligrammes à 0,200 de Mo; à 0,300 de MoO^3; à 0,00538 de P; à 0,0123 de P^2O^5.

Vérification. — Sur 2^{cm^3} de solution de PO^4K^2H, $\frac{N}{500}$, on précipite le phosphore à l'état de phosphomolybdate d'ammonium en suivant les précautions indiquées par Hundeshagen, Woy, Treadwell, H. Maurice [1] après réduction et attaque avec 4^{cm^3} de réactif phosphomolybdique, on a consommé $24^{cm^3},6$ de $MnO^4K\ \frac{N}{400}$.

Introduit $P = 0^{mg},124$. Trouvé $P — 0^{mg},130$.

La même opération a été répétée à plusieurs reprises sur 1^{cm^3} de solution $PO^4K^2H\ \frac{N}{500}$, contenant $0^{mg},062$ de P. On a trouvé $P = 0^{mg},059$; $P = 0^{mg},60$; $P = 0^{mg},066$.

En opérant sur $0^{cm^3},5$ de solution $PO^4K^2H\ \frac{N}{400}$ contenant $0^{mg},031$ de P, après réduction et attaque du molybdène par 2^{cm^3} de réactif, on a consommé 5,8 de $MnO^4K\ \frac{N}{400}$ correspondant à $P = 0^{mg},031$.

Conclusion. — La réduction de l'anhydride molybdique en molybdène par l'hydrogène pur est rapide et complète vers 700° sur de petites quantités, présentant une grande surface de contact.

Le molybdène donne, en réagissant sur un excès d'acide molybdique, un poids de bleu de molybdène 14,6 fois plus élevé que celui de l'anhydride molybdique converti en métal.

Si le molybdène provient de phosphomolybdate d'ammonium réduit, le poids d'oxyde bleu est plus de 800 fois supérieur au poids de phosphore combiné. Cette amplification considérable, alliée à l'exactitude de l'analyse molybdo-manganimétrique font proposer cette méthode pour le dosage de petites quantités de molybdène et le titrage indirect du phosphore dans la recherche de doses minimes de l'ordre du centième de milligramme.

---

(1) HUNDESHAGEN, *Zeit. f. analyt. Chem.*, t. 28, 1889, p. 141. — WOY, *Chemiker Zeitung*, 1897, p. 442-444 et 469-473. — TREADWEL, *Lerbuch der analyt. Chem.*, t. 2, 1907, p. 330. — H. MAURICE, *Variation avec l'âge dans la teneur de quelques organes en phosphore total* (*Thèse*, Fribourg, Suisse, 1910).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides de la cire d'abeilles.* Note de MM. **A. Gascard** et **G. Damoy**, présentée par M. Charles Moureu.

Par l'action de l'alcool, Brodie a séparé de la cire d'abeilles deux parties : la *myricine* insoluble et la *cérine* soluble à chaud. Pour lui la myricine est l'éther palmitique d'un alcool $C^{30}H^{62}O$ que l'oxydation transforme en acide *mélissique* $C^{30}H^{60}O^{2}$ (P. F. 88°-89°) et la cérine est un acide, l'acide *cérotique* $C^{27}H^{54}O^{2}$ (P. F. 78°). Simultanément Brodie découvrait, dans la cire de Chine, ce même acide cérotique éthérifiant l'alcool correspondant.

L'étude de la cérine a été reprise par plusieurs chimistes, qui s'accordent à y voir un mélange de deux acides : l'acide mélissique $C^{30}H^{60}O^{2}$ ou $C^{31}H^{62}O^{2}$ et l'acide cérotique $C^{27}H^{54}O^{2}$ ou $C^{26}H^{52}O^{2}$ ou même $C^{25}H^{50}O^{2}$.

Il n'est pas douteux que le nom d'acide mélissique, malgré les deux formules qui lui sont attribuées, s'applique à un seul acide. L'un de nous [1] ayant montré que l'alcool de Brodie répond à la formule $C^{31}H^{64}O$, celle de l'acide mélissique est $C^{31}H^{62}O^{2}$.

Pour l'acide cérotique la question est plus compliquée et il est fort probable que ce nom a été attribué à des acides différents.

La formule $C^{27}H^{54}O^{2}$, donnée pour la première fois par Brodie, est admise par quelques auteurs. D'autres préfèrent la formule $C^{26}H^{52}O^{2}$, Lewkowitsch [2] (pour l'acide de la cérine), Henriques [3] (pour l'acide de la cire de Chine). Enfin M. Marie [4], dans son étude sur les acides mélissique et cérotique, donne à ce dernier le point de fusion 77°,8 et, tout en lui conservant le nom de *cérotique*, il hésite entre les formules $C^{26}H^{52}O^{2}$ et $C^{25}H^{50}O^{2}$, préférant toutefois cette dernière.

L'erreur de ces auteurs a été de croire que la cérine ne renferme que deux acides; ils appellent mélissique le moins soluble et donnent à l'autre le nom de *cérotique*.

La question se complique encore du fait que MM. Tropsch et Kreutzer [5]

---

(1) A. Gascard, *Thèse de la Faculté des sciences de Paris*, 1920, et *Annales de Chimie*, 1920, p. 357.

(2) Lewkowitsch, *Proc. Chem. Soc.*, 1890.

(3) Henriques, *D. Chem. Ges.*, t. 30, p. 1415; *Bull. Soc. chim.*, t. 20, 1898, p. 72.

(4) Marie, *Thèse Faculté sciences, Paris*, 1895; *Bull. Soc. chim.*, t. 15, 1896, p. 510.

(5) Tropsch et Kreutzer, *Brennstoffchemie*, t. 3, 1922, p. 49 et 177; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 32, p. 1031 et 2140.

ayant isolé, de la cire de lignite, un acide, qui paraît identique à celui de la cire de Chine, lui ont donné le nom d'acide *carbocérique*. Ils admettent, avec Lewkowitsch, que l'acide de la cérine, répondant à la formule $C^{26}H^{52}O^2$, doit conserver le nom d'acide *cérotique*.

Nous estimons que Brodie ayant donné, le premier, ce nom à l'acide de la cire de Chine $C^{27}H^{54}O^2$ et l'un de nous (*loc. cit.*) ayant établi que cet acide possède bien cette formule, le nom de cérotique doit lui être conservé, celui de carbocérique étant abandonné.

Nous nous sommes proposé de rechercher la formule de l'acide (P. F. 77°,8) étudié par M. Marie sous le nom d'acide cérotique ; acide qui doit être différent de l'acide cérotique vrai dont le point de fusion est 82°,5 ([1]). Nous nous sommes proposé, en outre, de voir si la cire d'abeilles ne renfermerait par l'acide $C^{27}H^{54}O^2$, ce qui serait une raison de plus pour conserver à cet acide le nom donné par Brodie.

En appliquant à ces recherches la méthode des cristallisations fractionnées à température déterminée suivie déjà par l'un de nous (*loc. cit.*), nous avons pu, non seulement isoler ce dernier acide, mais encore l'acide $C^{29}H^{58}O^2$.

Pour cela, la cire totale d'abeilles est saponifiée et les acides sont transformés en sels de calcium, que l'on épuise par l'alcool bouillant; les acides, mis en liberté, sont séparés, les uns des autres, par des cristallisations fractionnées à température déterminée, avec filtration à cette même température. Le dissolvant était l'alcool à des degrés divers.

La pureté des acides a été contrôlée par la constance du point de fusion, après plusieurs cristallisations dans les dissolvants différents, et par la forme cristalline. Les poids moléculaires ont été établis à l'aide de l'acidimétrie et du dosage de Ag dans les sels d'argent ([2]).

Nous avons isolé ainsi, après de nombreuses cristallisations, quatre acides répondant aux formules suivantes :

1° $C^{25}H^{50}O^2$ P. F. = 77°,8. *néocérotique*.

2° $C^{27}H^{54}O^2$ P. F. = 82°,5. *cérotique*.

3° $C^{29}H^{58}O^2$ P. F. = 86°,8. *montanique*.

4° $C^{31}H^{62}O^2$ P. F. = 90°. *mélissique*.

([1]) Le point de fusion attribué par Brodie à l'acide cérotique 78° est beaucoup trop bas et se rapproche de celui de l'acide isolé par M. Marie; c'est pour cela sans doute que M. Marie lui a conservé son nom. L'acide isolé par Brodie était très impur.

([2]) Les détails seront donnés dans une autre publication.

Tous cristallisés en lamelles hexagonales ou losangiques; le premier et le dernier beaucoup plus abondants que les deux autres.

Le premier de ces acides est celui de M. Marie; nous proposons de le nommer acide *néocérotique* [1].

Le deuxième étant identique à celui de la cire de Chine, nous lui conservons le nom d'acide *cérotique;* le troisième paraît identique à celui retiré de la cire de lignite, par MM. Tropsch et Kreutzer et appelé par eux acide *montanique*, nous adoptons ce nom; enfin le quatrième est l'acide *mélissique*.

Les produits, obtenus dans les cristallisations précédentes, qui possédaient des points de fusion intermédiaires à ceux de ces quatre acides, ont toujours pu être dédoublés; il n'existe donc pas d'autre acide dans le mélange que nous avons étudié et, par conséquent, pas d'acide à nombre pair d'atomes de carbone.

La présence de quatre acides, à nombre impair d'atomes de carbone, se suivant en une série régulière, est très remarquable et en contradiction avec les idées admises généralement sur la parité des atomes de carbone des acides gras naturels.

Nous sommes fondés à nous demander si la série de ces acides impairs ne se prolonge pas au-dessous de C^{25}, et si l'acide de la myricine est bien l'acide palmitique, comme le pensait Brodie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques synthèses d'acides bibasiques à fonction éther-oxyde.* Note de M. **Marcel Godchot** présentée par M. Haller.

En 1907, nous avons fait connaître, en collaboration avec Jungfleisch, une méthode simple permettant l'obtention d'acides bibasiques à fonction éther-oxyde, de formule générale [2]

$$\begin{array}{l} R-CH-CO^2H. \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; O \\ \quad\;\; | \\ R'-CH-CO^2H \end{array}$$

[1] Carius (*Annalen der Chimie und Pharmacie*, t. **129**, p. 168, et *Bull. Soc. chim.*, t. 2, 1864, p. 375) a signalé dans la graisse des glandes anales de l'hyène un acide qu'il appelle *hyénique* et qui, ayant pour formule $C^{25}H^{50}O^2$, fondrait à 77°-78°.

Nous n'avons pas adopté ce nom, l'acide de Carius paraissant impur, car, d'après l'auteur, il se ramollit avant de fondre et ses sels semblent mal définis.

[2] *Comptes rendus*, t. **144**, 1907, p. 979; t. **145**, p. 70; t. **146**, 1908, p. 26.

Cette méthode consistait à faire réagir les éthers — α — halogénés des acides sur les dérivés sodés des éthers des acides-alcools

$$R - CHX - CO^2C^2H^5 + R' - CHONa - CO^2C^2H^5 = \begin{array}{c} R - CH - CO^2C^2H^5 \\ | \\ O \\ | \\ R' - CH - CO^2C^2H^5 \end{array} + NaX.$$

Généralisée par nous en mettant en œuvre uniquement des composés aliphatiques, cette réaction nous avait permis d'obtenir en particulier, avec un excellent rendement, l'adide diglycolique, l'acide dilactylique et ses homologues. Il nous a paru intéressant de vérifier la généralité de la méthode en s'adressant à des composés de la série aromatique, de façon à obtenir des acides bibasiques à fonction éther-oxyde renfermant un ou deux radicaux phényles. La présente Note a pour but de résumer les principaux résultats obtenus.

I. *Acide αα'-diphényldiglycolique* $\begin{array}{c} C^6H^5 - \overset{\alpha}{C}H - CO^2H. \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5 - \underset{\alpha'}{C}H - CO^2H \end{array}$ — Ce composé, inconnu jusqu'ici, s'obtient à l'état d'éther éthylique par action de l'α bromophénylacétate d'éthyle sur le phénylglycolate d'éthyle sodé, lequel se prépare facilement en faisant réagir le sodium sur le phénylglycolate d'éthyle en solution éthérée. En opérant comme nous l'avons indiqué, on constate la formation de bromure de sodium et le traitement ultérieur permet d'atteindre le dyphényldiglycolate d'éthyle, constitué par un liquide ne distillant pas sans décomposition, même dans le vide. A l'ébullition, la potasse alcoolique saponifie cet éther avec formation de diphényldiglycolate neutre de potassium qui se dépose aussitôt. Ce sel de potassium, décomposé en solution aqueuse, par la quantité correspondante d'acide sulfurique, fournit l'acide libre, insoluble dans l'eau, peu soluble dans les dissolvants organiques, sauf dans l'acide acétique cristallisable. Cet acide diphényldiglycolique est constitué par de très belles aiguilles prismatiques, se décomposant au delà de 300° avant de fondre.

II. *Acide α-méthyl-α'-phényldiglycolique* $\begin{array}{c} CH^3 - \overset{\alpha}{C}H - CO^2H. \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5 - \underset{\alpha'}{C}H - CO^2H \end{array}$ — Son éther éthylique, obtenu en faisant réagir sur le phénylglycolate d'éthyle

sodé l'α-bromopropionate d'éthyle, distille sous 15^{mm} vers 180°-190° en se décomposant partiellement. A l'ébullition, la potasse alcoolique saponifie cet éther avec formation de méthylphényldiglycolate neutre de potassium peu soluble dans l'alcool. Par décomposition de ce sel, en solution aqueuse, par SO^4H^2 en quantité voulue, on met l'acide méthylphényldiglycolique en liberté. Ce dernier, extrait à l'éther et purifié ensuite par cristallisation dans un mélange benzène + éther, constitue des aiguilles incolores, fusibles vers 188°.

III. *Acide α-phényldiglycolique* $C^6H^5 - \overset{\alpha}{C}H(-O-CH^2-CO^2H) - CO^2H$. — Cet acide

s'obtient à l'état d'éther éthylique par action du monochloro-acétate d'éthyle sur le phénylglycolate d'éthyle sodé.

L'α-phényldiglycolate d'éthyle se présente sous la forme d'un liquide, à odeur assez agréable, bouillant sans décomposition vers 182°-184° sous 10^{mm}; sa densité à 21° est égale à 1,127 et son indice de réfraction par rapport à la raie D et à 21° est égal à 1,4925 (R.M. trouvée : 68,52; calculée pour $C^{14}H^8O^5$: 68,20).

Par saponification à l'aide de la potasse alcoolique, le phényldiglycolate d'éthyle donne naissance au phényldiglycolate de potassium; mais, à l'inverse des sels de potassium des acides précédents, ce sel est soluble dans l'alcool. Par décomposition de ce sel, en solution aqueuse, par SO^4H^2 et par extraction à l'aide de l'éther, on isole l'acide α-phényldiglycolique lui-même, constitué par un liquide sirupeux, bouillant vers 203° sous 15^{mm} en s'altérant un peu. Afin de caractériser cet acide à l'aide d'un de ses dérivés, nous en avons fait la diamide, $NH^2.CO - CH(C^6H^5) - O - CH - CO.NH^2$, en maintenant plusieurs jours, à 15°, son éther éthylique en solution dans l'alcool absolu saturé d'ammoniaque. Par évaporation de la solution alcoolique, on obtient un résidu solide, constitué par la diamide; cette dernière, peu soluble dans le benzène et dans l'éther, est purifiée par cristallisation dans l'acétone bouillante qui l'abandonne sous forme de mamelons incolores, fusibles vers 159°-160°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les variations de la dispersion de biréfringence dans un même cristal.* Note de M. C. **Gaudefroy**, présentée par M. F. Wallerant.

Cette Note a pour objet de montrer que des biseaux taillés dans un même cristal suivant des orientations différentes ne donnent généralement pas la même échelle chromatique ([1]) lorsqu'on les éclaire en lumière parallèle, entre nicols croisés.

On peut s'en rendre compte, par un procédé approximatif, en faisant tourner un biseau placé entre nicols croisés, autour d'une droite quelconque; on observe alors des échelles successives différentes, qui ressemblent à peu près à celles qu'on observerait sur des biseaux taillés suivant des orientations différentes et correctement placés, c'est-à-dire de telle manière que la normale ON à la face d'entrée de la lumière soit parallèle aux rayons incidents. Ainsi un biseau taillé dans un cristal de sel de Seignette ammoniacal, biseau défini par l'angle de 24° que fait la normale ON à la face d'entrée de la lumière avec la première bissectrice n_p des axes optiques dans le plan $n_m n_p$, présente une échelle quasi achromatique bien caractérisée. Si l'on fait tourner ce biseau autour d'une droite parallèle à n_g, l'échelle devient directe ou inverse selon que la rotation amène n_m ou n_p à se rapprocher de la direction du faisceau incident. Or un biseau dont l'orientation est définie par une normale ON parallèle à n_m, et correctement placé, donne une échelle directe, et un autre défini par ON parallèle à n_p donne une échelle inverse.

Un second procédé, également approximatif, consiste dans l'examen de certaines particularités dans les anneaux colorés qu'on observe en lumière convergente sur une lame à faces parallèles.

Un cristal biaxe présente généralement, dans le voisinage du pôle d'un axe optique, une courbe quasi achromatique, courbe fermée qui passe par le pôle de l'axe optique relatif à la lumière jaune, ou qui joint deux pôles contigus. Cette courbe traverse les lemniscates colorées; elle est jalonnée par des points alternativement noirs et blancs. Elle limite deux régions : dans l'une, les teintes « montantes » présentent la suite *directe;* dans l'autre, la suite *inverse*. Or un biseau éclairé en lumière parallèle et correctement

---

([1]) Voir ma Note récente (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1046).

placé donne une échelle directe ou inverse selon que la normale ON à la face d'entrée a son pôle dans la première ou dans la deuxième région.

Ces propriétés peuvent être prévues par le calcul des variations de la fonction $\Phi' = \frac{n'_1 - n'_2}{n_1 - n_2} - \frac{1}{\lambda}$ (1) avec la direction ON normale aux ondes réfractées.

Ainsi on peut montrer que, dans un cristal uniaxe, la fonction Φ' reste constante lorsque la direction ON varie : en conséquence, l'échelle y reste invariable.

Dans un cristal biaxe, la fonction Φ' relative à une longueur d'onde donnée passe par toutes les valeurs de $-\infty$ à $+\infty$: par conséquent les échelles passent par toutes les extensions possibles.

On arrive à cette conclusion en établissant l'équation suivante :

$$(1) \quad (n_1 - n_2)^2 = [(n_g - n_m)\sin^2\alpha - (n_m - n_p)\sin^2\gamma]^2 + 4(n_g - n_m)(n_m - n_p)\cos^2\beta,$$

où $n_1 - n_2$ est la biréfringence des ondes dont la normale ON fait les angles α, β, γ, avec n_g, n_m, n_p, respectivement.

Cette équation (1) sert à évaluer Φ' :

$$(2) \qquad \Phi' = \frac{(\nu\sin^2\alpha - \mu\sin^2\gamma)(\nu'\sin^2\alpha - \mu'\sin^2\gamma) + 2(\mu\nu' + \nu\mu')\cos^2\beta}{(\nu\sin^2\alpha - \mu\sin^2\gamma)^2 + 4\mu\nu\cos^2\beta}$$

où

$$\mu = \frac{n_m - n_p}{\lambda}, \qquad \nu = \frac{n_g - n_m}{\lambda};$$

μ' et ν' sont leurs dérivées.

Si l'on porte sur ON un rayon vecteur égal à Φ', le lieu des extrémités est une surface dont voici quelques propriétés :

1° Chaque valeur définie, c, de la fonction Φ' est représentée par une courbe C qui passe par les quatre axes optiques A. C. I. (2), en formant deux ou quatre anneaux fermés. En particulier, une courbe $\Phi'_j = c$, relative à la longueur d'onde du jaune moyen, est le lieu des directions ON correspondant à des échelles de même extension.

2° Si ON, partant de la direction d'un axe optique, contourne un octant défini par n_g, n_m, n_p, ON traverse des courbes $\Phi'_j = c$, où c croît (ou décroît) continuellement de $-\infty$ à $+\infty$. Par suite, les échelles correspondantes varient depuis les échelles directes les plus restreintes jusqu'aux inverses

(1) Pour le rôle de la fonction Φ' dans les propriétés de l'échelle chromatique, voir la Note antérieure.

(2) Axes de réfraction conique interne.

les plus restreintes en passant par une échelle quasi achromatique. Les courbes les plus remarquables sont $\Phi'_j = -\frac{1}{\lambda_j}$, qui correspond à une extension égale à celle de l'échelle de Newton; et $\Phi'_j = 0$, qui correspond aux échelles quasi achromatiques.

Aux propriétés optiques qui servent à caractériser les espèces cristallines, on peut ajouter : soit la position des anneaux quasi achromatiques, et de leur intersection avec les plans optiques principaux; soit les extensions des trois échelles chromatiques principales; soit les trois valeurs de Φ'_j relatives aux trois plans optiques principaux.

LITHOLOGIE. — *Sur les roches de l'Aïr (Sahara central).* Note de M. **M.-E. Denaeyer.**

Les observations sommaires du Dr H. Barth [1] et d'Erwin von Bary [2], puis l'importante étude de M. L. Gentil [3], ainsi que les documents de Foureau [4] et de Chudeau [5] constituent jusqu'à présent la somme de nos connaissances lithologiques sur l'Aïr. Dans deux Notes antérieures [6], j'ai donné un aperçu des roches que Chudeau avait récoltées dans l'Ahnet, le Tanezrouft, l'Ahaggar et l'Adrar des Iforass. Je me propose de donner ici les résultats de l'examen de celles qu'il a recueillies dans l'Aïr.

L'Aïr est une pénéplaine constituée par un complexe de roches granitiques et de schistes cristallins redressés sur quoi reposent des dômes et des coulées de lave [7].

Les granites de ce complexe sont presque tous hololeucocrates. Leur structure est généralement granulitique. Dans la Téloua, ce granite passe à une diorite très riche en quartz.

---

(1) Dr H. Barth, *Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale*. Trad. P. Ithier, Paris, 1860.

(2) E. von Bary, *Le dernier rapport d'un Européen sur Ghât et les Touaregs de l'Aïr*. Trad. H. Schirmer, Paris, 1898.

(3) L. Gentil, *Études des roches* in Foureau, *Doc. sc. Miss. Sah.*, Paris, 1905, p. 716 à 717 et 727.

(4) F. Foureau, *Ibid.*, p. 625-645.

(5) R. Chudeau, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 83.

(6) M.-E. Denaeyer, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1073 et 1161.

(7) R. Chudeau, *La Géographie*, t. 15, Paris, 1907, pl. IV. — *Sahara Soudanais*, Paris, 1909, p. 56-64.

Mais ce sont les orthogneiss qui dominent dans la composition de la pénéplaine. Ils se présentent partout avec des caractères à peu près constants. Le quartz a recristallisé en prenant une structure granoblastique. Les feldspaths sont très variés : microcline, orthose et toute la série des plagioclases. On y reconnaît souvent un noyau basique farci d'inclusions, entouré d'une large couronne de plagioclase néogène. Parmi les minéraux colorés, le sphène est abondant et caractéristique. Il existe, de plus, de l'épidote fréquemment pourvue d'un noyau central d'allanite. Dans la crête du Mont Aohrsane coexiste avec le type précédent un gneiss syénitique quartzifère. La hornblende de ces gneiss est parfois un peu spéciale; elle est verte, mais avec une teinte bleuâtre suivant l'axe *c*; de plus, sa biréfringence est faible, l'angle d'extinction est grand (30°) et l'angle des axes optiques ne dépasse pas 50 à 55°. Ce n'est sans doute qu'un produit d'ouralitisation, avec séparation d'épidote et parfois de calcite, d'un diallage dont quelques préparations montrent des traces bien conservées. Ces roches auraient été, à l'origine, des gneiss à pyroxène. M. L. Gentil a d'ailleurs décrit un gneiss à augite dans l'Aïr [1] et d'autre part nous allons retrouver du pyroxène à l'état d'enclaves dans les labradorites d'Iférouane décrites plus bas.

Les roches d'épanchement présentent un intérêt plus vif. A côté de rhyolites banales, il faut signaler à nouveau la rhyolite à ægyrine et riebeckite de l'oued Asoday que Chudeau avait déjà fait connaître [2]. Cette lave doit être classée parmi les comendites. Un trachyte et une phonolite ægyrinique provenant d'Aoudéras ont été jadis décrites par M. Gentil [3]. R. Chudeau a trouvé au même endroit un trachyte phonolitique contenant de l'ægyrine aciculaire et de la biotite disséminées dans la pâte formée de sanidine et de néphéline (tinguaïte). Ces roches se distinguent par leur richesse en soude et leur pauvreté en chaux et en magnésie. On sait que ce caractère est commun à plusieurs roches sahariennes [4].

Quelques labradorites ont été récoltées à Iférouane. Il faut y distinguer deux générations. L'une est une labradorite ancienne à amphibole et biotite. Les autres paraissent relativement récentes et renferment de nombreuses enclaves énallogènes quartzofeldspathiques. Les éléments de la

(1) L. Gentil, *loc. cit.*, p. 717.
(2) R. Chudeau, *Comptes rendus*, t. **145**, 1907, p. 83.
(3) L. Gentil, *loc. cit.*, p. 717.
(4) M.-E. Denaeyer, *Les roches alcalines du Sahara central* (*C. R.*, *Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 1923).

pâte se détachent sur un fond confus d'amphibole et de biotite. Les éléments de la roche enclavée s'y trouvent éparpillés. On y reconnaît du zircon intact, du quartz frité avec sa couronne habituelle d'augite verdâtre, des feldspaths divers (anorthose, albite, labrador) fondus sur les bords avec obscurcissement périphérique ou total, ou bien montrant le stade plus avançé de la fusion et de la démolition rectangulaire; enfin, des prismes d'un pyroxène incolore, profondément résorbés avec séparation de magnétite. Tous les éléments de ces enclaves ont probablement été arrachés au gneiss sous-jacent qui présente la même diversité de feldspaths.

Au nord d'Aourarène on trouve une roche qui a l'aspect d'un basalte scoriacé. C'est, en réalité, un basanitoïde. En effet, entre les éléments de la pâte apparaît une matière incolore, isotrope, qui est soit un verre sodique, soit de l'analcime. Ce type pétrographique est à rapprocher du « basalte limburgitique » de la cuvette de Tihodayène (Tassili des Azdger) et du confluent des oueds Afara et Affattakha (Adrar), ainsi que des « téphrites limburgitiques » des collines de Tidjidi (Adrar) [1]. Toutes ces roches sont à silice légèrement déficitaire, de même que la tinguaïte d'Aoudéras.

Les schistes cristallins sont, dans l'Aïr comme dans tout le Sahara, fréquemment traversés par des venues de roches filoniennes parmi lesquelles mérite d'être signalé un basalte holocristallin à structure ophitique, recueilli dans l'oued Kademellet et déjà mentionné par R. Chudeau. Les phénocristaux sont remarquables : autour d'un noyau central de plagioclase basique est venu s'orienter secondairement un plagioclase plus acide, qui est lui-même bordé par de l'orthose. Une ligne d'inclusions sépare le feldspath ancien du feldspath néogène. L'orthose forme, de plus, un fin liséré autour des microlites. Le microscope ne décèle pas de néphéline entre les feldspaths; bien que sa présence en très petite quantité soit possible, ainsi qu'en témoigne l'analyse microchimique, dans ce cas la roche serait une forme de passage aux luscladites [2].

---

(1) L. Gentil, *loc cit.*, p. 705 et 709-711, pl. II.

(2) A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, t. 2, Paris, 1922, p. 635.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les anomalies du magnétisme terrestre et de la gravité dans le gouvernement de Koursk (Russie).* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Louis Gentil.

Smirnov le premier, a, vers l'année 1875, attiré l'attention sur les anomalies magnétiques de Koursk. Ces anomalies ont ensuite été étudiées par Pilstchikov, Sergievsky, Rodd et le géophysicien français Moureaux, invité par la Société Impériale de Géographie à prendre part à ces travaux (1896). Ces recherches n'ont cependant pas fourni d'éléments suffisants pour dresser des cartes d'éléments magnétiques (isolignes D, I, H).

Dans ce but, Leyst a entrepris l'étude systématique des anomalies magnétiques de Koursk, mais sa mort inopportune en Allemagne (1918) a soustrait tous ses documents à la science russe.

J'ai alors exposé, à l'Académie des Sciences de Russie, l'état de la question et, à la suite de cette communication, une commission spéciale a été nommée, dont j'ai l'honneur d'assumer la présidence, pour diriger des travaux magnétiques, gravimétriques et géodésiques dans le gouvernement de Koursk.

Il s'agissait d'explorer deux bandes de terrain où des anomalies avaient été signalées; l'une qui traverse en écharpe dans la direction NO-SE la partie septentrionale et l'autre, à peu près parallèle, la partie méridionale du gouvernement de Koursk; ces bandes sont séparées par un champ d'anomalies faibles sur une largeur d'environ 60^{km}.

Malgré des conditions très défavorables, inhérentes à la situation intérieure du pays, des mesures ont été faites dans la bande nord où, par une méthode spéciale, nous avons obtenu les valeurs de D, H et Z (V) de 10500 stations, avec une approximation de 0,5 à 1 pour 100 [1].

Pour obtenir cette précision il était indispensable, comme je l'avais démontré, d'avoir des cartes à grande échelle, au 40000e environ, ce qui nécessitait un réseau géodésique de précision qui a été jeté sur la bande septentrionale de Koursk.

Les travaux de la Commission situent la bande septentrionale entre le

---

(1) Voir à ce sujet P. Lasareff, *L'anomalie magnétique dans le gouvernement de Koursk* (*Annexe aux Procès-Verbaux de l'Académie des Sciences de Russie*, 1921).

Les travaux ont été exécutés par MM. Iurkevitch, Zaborowsky, Ovod, Janowsky, Kruschinin, Jakovlev, Beliajev, Gengolowic, Musiatovic, Riabinin.

district de Dmitrowsk, dans le gouvernement d'Orel et le district Stary Oskol, à la limite du gouvernement de Voronège. La largeur de la zone anomale est comprise entre 2^{km} (Stschigry) et 40^{km} (St. Oskol); sa longueur atteint 250^{km}. Le passage des anomalies fortes aux anomalies faibles se fait brusquement.

On peut déduire, d'après toutes les mesures effectuées sur les anomalies magnétiques de ces régions, les conclusions suivantes :

Suivant une série de profils transversaux des isolignes, on constate l'existence de maxima Z_m qui sont échelonnés sur ce que nous avons appelé *la ligne axiale de l'anomalie* (L. A.).

La composante verticale Z est variable tout le long de cette ligne axiale montrant plusieurs maxima dont deux, très élevés ($Z = 2{,}0$ unités C. G. S.), se manifestent vers le milieu (Stschigry) et à l'extrémité sud (St. Oskol) de la bande anomale.

En franchissant, du Sud-Ouest vers le Nord-Est la ligne axiale de l'anomalie, on passe brusquement de la déclinaison Est à la déclinaison Ouest.

Enfin, les valeurs minima de H avoisinent la ligne axiale et les composantes horizontales anomales H_a sont dirigées vers cette même ligne.

J'ai recherché la cause de ces anomalies et j'ai dû renoncer à envisager l'existence de courants telluriques pour m'arrêter à cette conclusion qu'il existe en profondeur de puissants gîtes de fer magnétique.

Pour contrôler cette conclusion, j'ai d'abord fait exécuter des levés du champ de gravité dans les districts de Stschigry et de St. Oskol, par la méthode du pendule de Stückrat et du varimètre d'Eöstvös (¹).

Ces mesures montrent que les variations des maxima Z et de la gravité g ne coïncident pas nécessairement, d'où l'on peut conclure que les causes des anomalies du magnétisme et de la gravité ne sont pas les mêmes.

A la suite de tous ces travaux scientifiques, il a paru très intéressant d'entreprendre une série de forages pour déceler, en profondeur, la présence soupçonnée de gîtes de magnétite. Une commission spéciale a été désignée à ce sujet (²) qui comprenait à la fois des géophysiciens, des géologues et des ingénieurs.

Ces forages ont montré qu'il existe, à une profondeur de 150^{m} environ,

---

(¹) Ces travaux furent exécutés par MM. Aksenov, Nikiforov et Michaïlov.

(²) Cette commission comprend un grand nombre de savants russes parmi lesquels : MM. S. Goubkin (président), P. Lasareff, chef des travaux géodésiques, magnétiques et gravimétriques (vice-président), A. Archangelsky, chef des travaux géologiques, A. Himmelfarb, ingénieur en chef des travaux de forage.

des amas de magnétite en relation avec des quartzites inclinés à 70°. Ce minerai, dont la puissance a été reconnue jusqu'ici sur une hauteur verticale de 114^m, est impur à la surface, avec une densité de 3,8 et une teneur en fer métallique de 40 pour 100; mais il s'enrichit plus profondément.

Ainsi la preuve est faite de l'existence de gîtes de magnétite sous les couches horizontales du Dévonien, du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire de la plate-forme russe, dans le gouvernement de Koursk. Et si l'on songe aux immenses surfaces où la boussole accuse des anomalies magnétiques, on se fait une idée de l'énorme masse de magnétite qui doit exister dans cette partie de la Russie. Les gîtes similaires de la presqu'île scandinave sont minimes à côté de ceux du gouvernement de Koursk qui devront figurer parmi les plus grandes richesses métalliques du monde.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Salicacées. Développement de l'embryon chez le* Salix triandra *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Les espèces qui ont été déjà examinées, au point de vue embryogénétique, chez trois familles de la sous-classe des Apétales, les Polygonacées [1] les Chénopodiacées [2] et les Urticacées [3], ont permis d'établir trois types de développement bien distincts. L'étude des processus de segmentation chez le *Salix triandra* n'a pas révélé de différences essentielles nouvelles; elle a au contraire montré que les Salicacées offrent avec les Polygonacées les analogies les plus intéressantes. Chez le *Salix triandra*, le proembryon s'édifie de la même manière que chez la Persicaire ou les *Rumex* et les étages qui le constituent possèdent des destinées identiques.

Les figures 1 à 3 permettent d'assister à la construction d'une tétrade comprenant deux cellules supérieures juxtaposées et deux cellules inférieures superposées; cette tétrade, par bipartition de chacun de ses éléments, engendre un proembryon octocellulaire (*fig.* 4 à 6); celui-ci à son tour, par division des huit cellules qui le composent, donne naissance à un proembryon à seize cellules (*fig* 7 à 11). Les directions des seg-

(1) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Polygonacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 66, 1919, p. 168; t. 67, 1920, p. 1 et 75).

(2) R. Souèges, *Développement de l'embryon chez le* Chenopodium Bonus-Henricus *L.* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 67, 1920, p. 233).

(3) R. Souèges, *Développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera *L.* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 68, 1921, p. 172 et 280).

mentations, au cours de l'édification de ces formes proembryonnaires, sont en tous points conformes à celles qui ont été décrites au sujet du *Polygonum Persicaria*. Le proembryon à seize cellules est divisé en six étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *o*, et *p*. Les destinées de ces étages sont encore celles qui ont été indiquées à propos des Polygonacées : *l* représente la partie cotylée; *l'* correspond à la partie supérieure de l'axe hypoco-

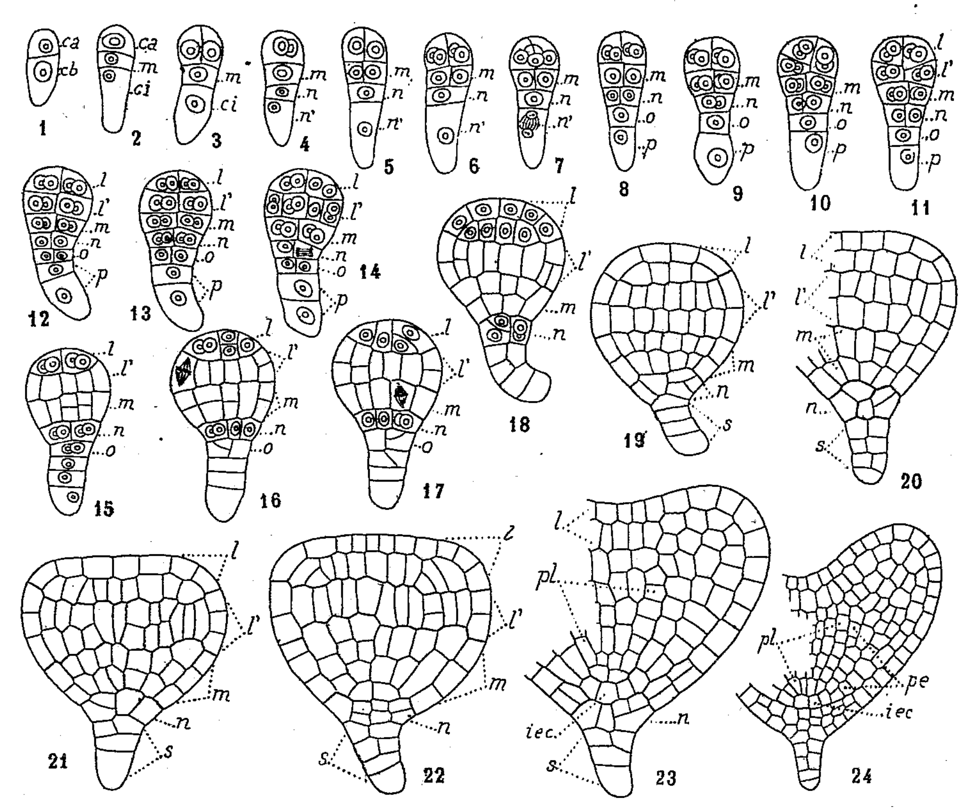


Fig. 1 à 24. — *Salix triandra* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, les six étages du proembryon; *s*, suspenseur; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 420; 210 pour la figure 24.

tylé; *m* engendre la partie inférieure de ce même axe et les initiales du cylindre central et de l'écorce au sommet radiculaire; la portion médiane de la coiffe tire son origine de *n*; enfin aux dépens de *o* et de *p* se développe un court suspenseur.

D'une manière générale, les quatre éléments de l'étage supérieur, *l*, se segmentent selon les règles qui ont été exposées à propos du *Myosurus minimus* [1]. Il se forme

[1] R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 58, 8 décembre 1911, p. 720).

d'abord des parois verticales rectangulaires, parallèles aux deux parois méridiennes, séparant, au voisinage de l'axe, une cellule d'aspect quadrilatère et, vers la périphérie, deux cellules d'aspect triangulaire (*fig.* 16, 17). Ces nouveaux éléments se cloisonnent ensuite tangentiellement pour engendrer vers l'extérieur les premières cellules de dermatogène. Les éléments sous-épidermiques se multiplient par segmentations verticales : ceux qui restent adjacents à l'axe peuvent être considérés comme les cellules initiales de l'écorce au sommet de la stèle ; les autres donnent naissance aux méristèmes internes cotylédonaires. Dans certains cas, le méristème vasculaire et le méristème cortical externes du cotylédon paraissent provenir de l'étage l'. Quelquefois (*fig.* 17, à droite), les premières cloisons, dans les éléments de l'étage l, se disposent d'emblée tangentiellement.

Dans les étages l' et m, les parois de segmentation sont tout d'abord verticales (*fig.* 14, 15) ; les éléments périphériques qui s'individualisent à cette période représentent les premières cellules du dermatogène (*fig.* 16 à 19). Apparaissent ensuite des cloisons transversales divisant les deux étages en deux assises cellulaires très nettes (*fig.* 15 à 19) ; c'est à partir de ce moment que se produit la dépression apicale indiquant la naissance prochaine des cotylédons (*fig.* 20 à 22) ; les limites des deux étages à ce même moment ne peuvent se distinguer avec certitude ; le périblème et le plérome ne se montrent nettement différenciés que lorsque les cotylédons sont déjà en voie de croissance (*fig.* 23, 24).

Les deux éléments qui représentent l'étage n dans le proembryon à seize cellules (*fig.* 11), par segmentations méridiennes, donnent quatre cellules circumaxiales (*fig.* 12 à 15). Celles-ci peuvent ensuite se cloisonner verticalement (*fig.* 16, 17) ou bien tangentiellement (*fig.* 18). Aux parois verticales succèdent plus tard (*fig.* 22) des cloisons tangentielles qui divisent l'étage n tout entier en deux assises : l'assise supérieure représente le rudiment de l'assise calyptrogène, l'assise inférieure, avec les éléments les plus voisins du suspenseur, donne naissance à la portion extérieure de la coiffe (*fig.* 24).

Comme on le voit, les lois de l'embryogenèse sont, dans leurs traits essentiels, identiques chez le *Salix triandra* et chez les Polygonacées qui ont été précédemment examinées. Ces profondes analogies pourront peut-être servir à déterminer les caractères embryogénétiques fondamentaux du groupe des Apétales et, par le fait même, à dégager les véritables origines de cette sous-classe des Dicotylédones que l'on considère généralement comme la plus ancienne.

En 1897, Chamberlain [1] a étudié le développement de l'embryon chez les *Salix*. Quoique la plupart des observations et des figures de l'auteur soient exactes, il n'a pas suivi d'assez près la marche des segmen-

---

[1] Ch.-J. Chamberlain, *Contribution to life history of* Salix (*Bot. Gazette*, t. 23, 1897, p. 147).

tations pour pouvoir établir quel type de développement, bien différent de celui du *Capsella Bursa-pastoris*, représente l'embryon des *Salix*.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le rougeau de la vigne*. Note de MM. L. **Ravaz** et G. **Verge**, présentée par M. Pierre Viala.

Le rougeau de la vigne se déclare tantôt sur une partie tantôt sur la totalité du feuillage. Dans le premier cas, il est le plus souvent produit par des causes agissant localement telles que cassure, annelation faites par l'homme ou par les insectes, ligature avec fil de fer, ficelle, vrille, etc., coupant ou ralentissant les communications entre la partie de l'écorce placée au-dessus et la partie placée au-dessous de la blessure. Quand il porte sur tout l'ensemble du feuillage et des rameaux, il est encore parfois lié à de larges incisions ou à des ligatures. Ces cas, très fréquents, et en somme purement accidentels, sont dispersés sans ordre dans les vignobles.

Le plus souvent, les souches atteintes sont groupées en nombre plus ou moins considérable. Elles forment tache et le caractère accidentel disparaît. L'examen des tissus malades met en évidence les symptômes suivants : Les rameaux ne s'aoûtent point; l'écorce du tronc s'accroît irrégulièrement en épaisseur, lentement ici, plus vite à côté, de sorte que la tige paraît irrégulièrement cannelée. La plupart des racines ont une couleur rougeâtre. Dans l'écorce, les tissus libériens sont altérés en beaucoup d'endroits et sur une étendue parfois importante. Dans le bois beaucoup de fibres ligneuses brunies ou jaunes. Ce qui est aussi très constant dans les racines et dans la tige, c'est la non-différenciation des tissus libériens ; pas ou presque pas de fibres libériennes ; les vaisseaux criblés ne se distinguent pas des autres éléments corticaux ; il s'agit en quelque sorte de tissus arrêtés de bonne heure dans leur transformation.

Ces cas de rougeau se présentent dans les terres basses compactes ou retenant l'eau à l'automne, c'est-à-dire dans les terres mal aérées. Ils peuvent être reproduits expérimentalement avec la même gravité. Si l'on cultive dans des pots maintenus pleins d'eau courante, c'est-à-dire renouvelée d'une manière continue, les racines s'accroissent, se multiplient et restent bien vivantes, le rougeau n'apparaît pas. Si, au contraire, l'eau est maintenue stagnante, les racines ne s'accroissent pas, beaucoup d'entre elles meurent en se colorant de rouge brun et le rougeau apparait. A cet arrêt de la croissance des racines correspond aussi un arrêt de la croissance des rameaux.

Si, après que les feuilles ont rougi, on supprime l'eau stagnante, les racines se forment à nouveau, de nouvelles feuilles se développent et le rougeau disparait, même sur les anciennes feuilles.

Dans le cas du rougeau accidentel dû à une incision quelconque, il y a, dans les feuilles qui rougissent, ainsi qu'en témoignent les analyses faites par MM. Ravaz et Roos (¹), excès de matières hydrocarbonées, amidon et sucre, l'indice cryoscopique y est aussi plus élevé (1,34 contre 0,90). Il semble donc qu'il y a chez ces feuilles réduction de la consommation par rapport à la production. S'il en est ainsi, toutes les causes qui réduisent la première sans modifier la seconde doivent faire apparaître le rougeau ; c'est le cas de l'asphyxie des racines par l'eau ou par le sol ; et toutes celles qui la favorisent l'empêchent d'apparaître, cas des vignes à végétation très active. Exemple : Des plants de vignes élevés en pot sont maintenus en serre le jour à température élevée et, la nuit, dehors, à température de quelques degrés au-dessus de zéro, ils ne poussent pas et rougissent ; les témoins maintenus constamment en serre ne rougissent pas. On met à nouveau les premiers en serre jour et nuit, ils repoussent et perdent leur coloration rouge.

Cela explique les variations de l'intensité de la couleur rouge de nos vignobles à l'automne. Les souches faibles qui cessent de croître de très bonne heure laissent aussi émigrer de bonne heure le contenu des tissus des feuilles, ne rougissent pas ; celles dont le feuillage s'est maintenu actif un peu plus longtemps rougissent, et celles qui continuent à former de nouvelles feuilles, c'est-à-dire des organes de dépenses, restent vertes. Les mêmes phénomènes se passent chez d'autres végétaux des parcs ou des forêts.

Pour éviter cette maladie, qui est ainsi parfois un phénomène quasi normal, il doit donc suffire d'aérer le sol, soit en enlevant l'excès d'eau par des drains, soit par des tunnels en fascines, comme du reste on opérait autrefois dans les vignes établies en terrain argileux et humide. Cette année ayant été très sèche, les vignes n'ont pas rougi.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *Un nouveau procédé de trépanation préhistorique, à rondelles circulaire ou ovale, découpées au silex.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours d'expérimentations récentes, pour l'étude des trépanations néolithiques avec obtention de rondelles craniennes, de forme circulaire

(¹) *Comptes rendus*, 1905.

ou ovalaire, percées d'un ou deux trous, j'ai eu l'idée d'essayer un manuel opératoire, qui, jusqu'à présent, n'a encore été signalé par personne, ni par des anthropologistes comme P. Broca, ni par des chirurgiens fort compétents, comme Lucas-Championnière.

Il consiste, après avoir exécuté, soit un seul, soit deux trous, très voisins, dans la paroi cranienne, par le procédé du *perçage* au perçoir en silex, utilisé jadis par les Péruviens de l'âge du cuivre, et expérimenté par Lucas-Championnière, à utiliser un *double perçoir*, ou plutôt un *perçoir-burin*, en silex, en forme de *compas*, à ouverture fixe bien entendu.

Ces doubles perçoirs existent d'ailleurs au Néolithique; et l'on en trouve dans les gisements du Néolithique moyen surtout. J'en possède de très grands.

Pour l'expérimentation, il faut en fabriquer une série d'avance, avec du silex moderne, bien choisi : ce qui est aisé pour un préhistorien familier avec la technologie.

L'écart entre le perçoir et le burin peut être de 2^{cm} à 3^{cm}, ce qui représentera le rayon de la circonférence, si l'on opère avec un seul trou comme centre; ou le grand rayon de l'ellipse, si l'on a fait deux trous voisins, pour obtenir un *ovale*, plus ou moins marqué.

On place la pointe du perçoir dans l'un des trous; et avec l'autre, correspondant à un *burin*, très-fort et très coupant, on trace des demi-circonférences, en appuyant fortement sur le crâne.

Le burin attaque le tissu osseux, et pénètre, avec facilité, quand l'instrument est assez gros et bien en main; et, ainsi, on délimite rapidement une *rondelle* (à un ou deux trous), soit circulaire, soit ovale, suivant les cas.

Plus la rondelle est grande, plus le travail est aisé; et ainsi peuvent s'expliquer les très vastes trépanations de la Pierre polie, déjà découvertes, sujets d'étonnements perpétuels.

Le grand avantage de cette méthode, c'est qu'elle donne un *point d'appui sur le crâne*, par l'intermédiaire de la pointe du perçoir engagée dans le trou préalablement percé pour la recevoir.

La main, que le burinage fatigue beaucoup, quand elle est libre et non appuyée, a bien plus de force, dans ces conditions, sur l'autre pointe, dite burin, qui entaille l'os ainsi, puis décolle la fibre osseuse de celle sous-jacente. Le principal est d'avoir un outil bien aigu et solide et de le remplacer par un second, préparé à l'avance (1) dès qu'il est émoussé.

---

(1) Rien n'est plus facile que de se fabriquer ces outils avec des lames de silex un

C'est là une combinaison des procédés dits de *perçage* et de *burinage*, le burinage donnant les rainures *carrées* des Péruviens ou *courbes* des Néolithiques de France : c'est l'ancêtre de la couronne de Trépan.

Mais le *burinage au compas* est bien plus pratique et aussi vite que celui au burin seul ou au couteau très tranchant! — Pour se rendre compte de ces choses, il est nécessaire d'avoir pratiqué soi-même, d'avoir appris à tailler le silex et à faire ses instruments; d'avoir trépané des crânes à os très dur, à diverses reprises. — C'est ainsi que le « perçage » est très difficile au début, tant qu'on n'a pas obtenu un petit orifice de 3^{mm} à 5^{mm} de diamètre! C'est ainsi que, pour le burinage, il ne faut se servir d'abord que de burins petits ou de couteaux très tranchants, et que, pour le grattage, il faut des os assez tendres..., sans cela la plus grande patience serait de rigueur!

En réalité, il faut au moins, avec les procédés connus, une heure et demie pour trépaner au silex et obtenir un orifice de quelques centimètres de diamètre. Mais, avec le « burin au compas », quand l'outil est bon, il semble que l'ouverture du crâne soit bien plus nette, plus conforme aux trouvailles faites, plus aisée et plus rapide qu'avec les autres méthodes déjà expérimentées.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la cuisson des aliments sur le développement de la limace agreste.* Note de M. **H. Cardot**, présentée par M. Charles Richet.

L'influence de la cuisson des aliments sur le développement des organismes a fait l'objet dans ces dernières années de très nombreux travaux qui se rattachent à l'histoire des vitamines et des facteurs de croissance. Récemment, Charles Richet, rappelant et complétant des expériences qu'il avait faites autrefois, a insisté avec raison sur l'action généralement défavorable qu'exerce sur l'être vivant une ration entièrement formée d'aliments cuits.

A l'occasion d'autres recherches, nous avons eu à plusieurs reprises depuis quatre ans la possibilité de constater l'influence exercée par la cuisson de la

---

peu épaisses débitées au percuteur ordinaire, arrondi de façon à avoir des pointes épaisses.

Avec un autre percuteur *à pointe* saillante, on dessine une *encoche*, entre le coin qui doit faire le perçoir et celui qui correspond au futur burin; l'arc de cette concavité doit constituer le rayon de la courbure voulue pour la rondelle cranienne à obtenir.

nourriture sur *Agriolimax agrestis*, et nous croyons intéressant de donner ici nos résultats, parce qu'ils montrent que cette influence peut nettement être mise en évidence dans trois phases successives du développement.

Dans tous les cas, la nourriture était composée de carottes et de pommes de terre, et les animaux des différents lots, conservés au laboratoire dans des conditions identiques, recevaient ces légumes, soit crus, soit cuits à l'autoclave à 110° pendant 10 minutes.

Pour les limaces adultes, la cuisson de l'aliment exerce un effet léger et constant sur la courbe pondérale, mais non sur la durée de la survie en captivité. Dans tous les cas, après la capture, l'animal bien nourri a notablement augmenté de poids jusqu'à la ponte; mais dans cette première période qui correspond à la formation des œufs, l'augmentation de poids est plus rapide et plus marquée chez les individus nourris de légumes cuits que chez les autres (voir Tableau, 2e et 3e colonnes). Ensuite, pendant toute la durée de la ponte, le poids diminue graduellement et revient au poids initial à peu près en même temps pour les deux lots d'animaux, c'est-à-dire vers la fin de la période de ponte. Peu après la ponte, la plupart des limaces meurent, après avoir continué à diminuer peu à peu de poids; et l'amaigrissement dans cette dernière période est plus marqué pour ceux qui ont reçu les aliments crus que pour les autres, bien que la mort les frappe en moyenne à peu près en même temps : les premiers meurent avec un poids égal à 65 pour 100 du poids initial, et les seconds avec un poids égal à 87 pour 100 (moyennes de deux séries de 16 animaux).

L'influence de la nourriture cuite se manifeste encore à un autre point de vue. Il y a en effet dans ce cas une accélération indéniable dans le dépôt des œufs dès le début de la période de ponte. Par contre, la ponte s'arrête beaucoup plus vite et le nombre total d'œufs pondus ne dépasse guère les deux tiers du nombre qui correspond aux animaux recevant les légumes crus. Dans le Tableau suivant (4e et 5e colonnes) nous avons totalisé les œufs pondus par individu dans chacun des deux lots aux divers moments de l'expérience et nous indiquons également les variations de poids des animaux pendant toute cette période (2e et 3e colonnes).

D'autre part nous avons tenté, toujours avec la même alimentation, crue ou cuite, d'élever les jeunes limaces prises au moment de l'éclosion. L'expérience a été faite avec des jeunes provenant de parents nourris avec les légumes crus.

Jours.	Poids des adultes (¹) avec alimentation crue.	cuite.	Ponte moyenne avec alimentation crue.	cuite.	Poids des jeunes avec alimentation crue. mg.	cuite. mg.
0	100	100	0	0	3,2	3,3
1	115	130	0	0	"	"
2	122	143	2	0	3,4	4,1
3	125	137	"	0	"	"
4	126	132	"	0	3,5	4,5
5	128	132	"	0	"	"
6	126	124	5,3	13	3,6	4,8
7	130	125	"	"	"	"
8	124	123	"	"	3,7	"
9	122	119	"	"	3,8	4,6
10	122	115	12	35	3,9	"
11	119	113	"	"	"	"
12	117	111	"	43	4	"
13	119	114	"	"	4,1	"
14	119	115	26	50	"	"
15	116	112	"	"	3,9	5,4
16	112	108	35	"	"	"
17	"	"	"	"	4,2	4,8
18	107	107	"	58,5	"	"
20	101	110	52	62,5	5	4,5
22	107	102	61	"	5,4	"
24	105	102	70	"	"	"
25	"	"	"	"	5,5	4,7
26	100	103	"	"	"	"
28	96	97	"	"	6,8	5
30	89	98	82	"	6,0	"
32	83	93	85	"	"	"
34	80	92	"	"	"	"
36	73	86	"	"	"	"
38	66	87	"	"	"	"
40	64	87	"	"	"	"

22 de ces petites limaces ont reçu des pommes de terre et des carottes crues, et 16 les mêmes légumes cuits. Ici encore, la cuisson semble exercer une action nette.

Pour la durée de la survie des jeunes, les résultats sont les suivants : 1° avec les aliments crus, survie moyenne de 24 jours, survie maximum

(¹) En pour 100 du poids initial.

de 32; 2° avec les aliments cuits, survie moyenne de 16 jours, survie maximum de 30. Le maximum de poids observé dans le cas individuel le plus favorable a été de 17^{mg} dans le premier lot et de 6^{mg} dans le second. Mais c'est surtout l'évolution du poids moyen des animaux dans les deux lots qu'il est intéressant de suivre de l'éclosion à la mort (6e et 7e colonnes).

On voit qu'au début la croissance des jeunes recevant les aliments cuits est accélérée par rapport aux limaces de l'autre lot, mais qu'en revanche elle s'arrête beaucoup plus tôt. L'analogie est assez frappante entre cet effet et celui qui a été observé chez l'adulte pour la ponte et pour l'augmentation de poids qui la précède. Pour la formation des œufs, comme pour la croissance des jeunes, l'influence considérée semble avoir la même importance.

En résumé, chez l'adulte comme chez le jeune, initialement, l'aliment cuit semble favorable. Cela peut s'expliquer peut-être par des raisons mécaniques, l'animal ayant la possibilité, pour un même travail de mastication, d'ingérer une plus grande quantité de légumes cuits que de crus. Secondairement, la formation des œufs ou des tissus du jeune est entravée par l'absence dans l'aliment cuit d'un facteur indispensable à la croissance.

BIOLOGIE. — *Sur la structure histologique d'un organe de nature testiculaire développée spontanément chez une Poule ovariotomisée.* Note [1] de M. JACQUES BENOIT.

J'ai signalé dernièrement dans ces *Comptes rendus* le cas d'une Poule Leghorn blanc qui, castrée à gauche à l'âge de 26 jours, commença dès le quatrième mois à présenter les signes d'une masculinisation typique : à 6 mois sa crête était aussi rouge et aussi grande qne celle d'un Coq témoin. Un organe s'était développé spontanément à l'emplacement de la gonade droite. Il fut enlevé au cours d'une deuxième opération, et la crête régressa très rapidement : elle est aujourd'hui identique à celle d'un Coq castré. Cet organe trouvé à droite tenait donc sous sa dépendance le développement inaccoutumé de la crête. Je veux dans cette Note indiquer brièvement sa structure histologique.

Une coupe de cet organe examinée à un grossissement moyen présente à l'observation deux sortes de régions : les unes contiennent des tubes volumineux, séparés par un tissu conjonctif rare, et les autres, des tubes

---

[1] Séance du 19 novembre 1923.

plus petits, des cordons cellulaires et des cellules isolées, plongés dans un tissu conjonctif abondant. Les tubes volumineux sont des tubes séminifères, qui contiennent tous les éléments de la lignée séminale : les cellules de Sertoli, les spermatogonies et les spermatocytes paraissent être normaux. Mais les spermatides, nombreuses, présentent une évolution atypique. Leurs noyaux sont de taille inégale et la plupart d'entre eux se pycnosent. On voit bien dans quelques tubes, à côté de ces noyaux

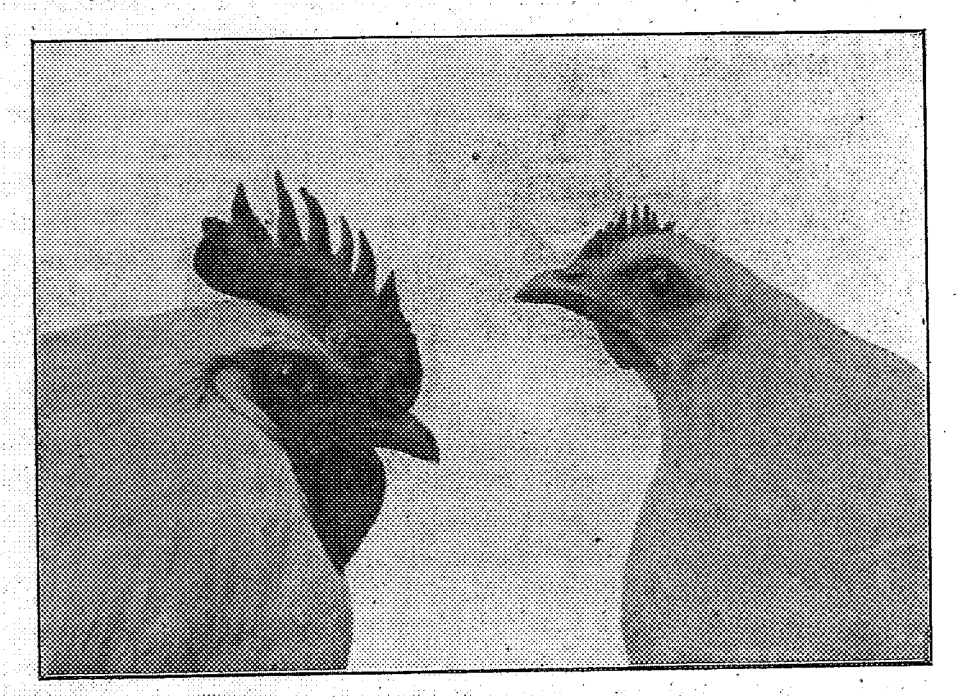


Fig. 1. — A droite, la poule témoin. Crête : 29^{mm},5. A gauche, la poule castrée à 26 jours. Remarquer le développement des organes érectiles. Crête : 77^{mm}. (Les deux sujets sont âgés de 6 mois 8 jours.)

pycnosés, des spermatozoïdes reconnaissables à leur tête allongée et à leur filament caudal. Mais la tête de ces spermatozoïdes, falciforme, paraît arrêtée dans son développement. En somme, la spermatogenèse semble débuter normalement, mais il est probable qu'il existe des perturbations dans son évolution, puisqu'elle aboutit à des produits anormaux.

A côté de ces régions qui renferment des tubes séminifères bien développés, on en voit d'autres qui présentent un aspect cahotique : dans un tissu conjonctif abondant se trouvent quelques tubes irréguliers de faible calibre, et un grand nombre de cordons cellulaires de forme et d'orientation absolument quelconques. Les cellules qui les constituent possèdent souvent

des noyaux leptotènes, synaptènes et pachytènes. Ce sont des cellules sexuelles qui commencent l'évolution spermatogénétique. Quelques-uns de ces cordons ou tubes cellulaires sont constitués exclusivement par des cellules de Sertoli adultes. D'autres commencent à se développer et à prendre la structure des tubes séminifères.

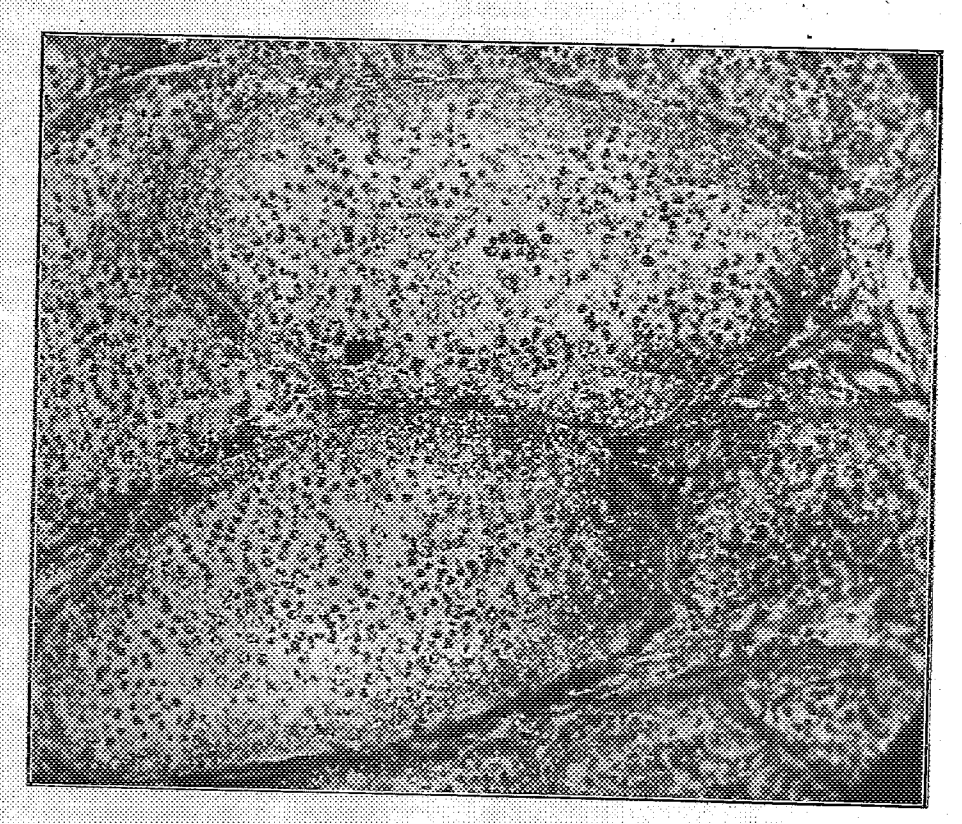


Fig. 2. — Photographie d'une coupe de glande testiculaire développée à droite chez la poule castrée à gauche, tubes séminifères bien développés. (Grossissement : 200 diamètres.)

J'ajoute que je n'ai vu nulle part dans l'organe étudié de cellules ou de formations du type ovarien. Partout les éléments cellulaires sont du type sexuel mâle.

Cet organe de structure testiculaire possède une autre catégorie d'éléments cellulaires : on voit entre les tubes séminifères bien développés des cellules interstitielles identiques à celles d'un testicule normal [1]. Mais à

[1] *Sur les cellules interstitielles du testicule du Coq domestique. Évolution et structure* (*C. R. Soc. Biol.*, 1922, p. 1382).

côté de ce type bien caractérisé, on voit des cellules qui prennent insensiblement l'aspect des cellules interstitielles; celles-ci sont groupées en amas limités par une membrane propre, ou sont contenues dans des tubes sexuels ou encore sont isolées dans le tissu conjonctif. Sans vouloir entrer dans trop de détails, je dirai qu'on observe tous les stades de transition entre certaines cellules (probablement des cellules jeunes de type sertolien) contenues dans les tubes sexuels et les cellules interstitielles. Il semble qu'on assiste à une transformation analogue à celle que j'ai décrite dans le testicule embryonnaire [1], avec cette différence qu'ici la cellule intratubulaire qui se transforme prend d'emblée la structure de la cellule interstitielle adulte.

Ainsi donc un organe possédant une structure testiculaire et sécrétant une hormone mâle s'est développé chez une Poule ovariotomisée, à l'emplacement de la gonade droite. J'ai donné dans une Communication précédente les raisons pour lesquelles je considère la Poule comme un hermaphrodide potentiel, et la gonade droite comme une glande rudimentaire à potentialités mâles. J'y ajouterai prochainement d'autres preuves tirées de l'étude de cette gonade droite chez la Poule normale.

PROTISTOLOGIE. — *Les Péridiniens parasites des Radiolaires.*
Note de M. Édouard Chatton, présentée par M. F. Mesnil.

Les Radiolaires sont parmi les protistes dont le cycle évolutif est le moins bien connu. Cela tient en partie à leur condition pélagique qui rend leur étude difficile et surtout à la méconnaissance des Péridiniens qui les parasitent très fréquemment et dont les formes végétatives et les spores se substituent si insidieusement et si exactement aux leurs qu'elles ont été données par tous les auteurs comme leur appartenant en propre.

La connaissance que j'ai acquise des Péridiniens parasites m'a permis, en 1919 [2], de redresser ces erreurs et de faire avec précision le départ entre ce qui, dans les observations de mes prédécesseurs, revient au Radiolaire, et ce qui au contraire se rapporte à ses parasites péridiniens.

J'ai montré par une discussion serrée du texte et des figures du Mémoire

(1) *Sur l'origine des cellules interstitielles dans le testicule du Coq domestique* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 412).

(2) *Les Péridiniens parasites* (*Arch. Zool. exp. et gén.*, t. 59, p. 1-475, pl. I-XVIII).

de W. Huth (1913) sur les Thalassicolles que tout ce que cet auteur a appelé Schlauchkerngenese ou Mikrogametogenese (anisosporogénèse de Brandt), est en réalité la sporogénèse d'un Péridinien plasmodial très voisin des *Syndinium* que j'ai fait connaître chez les Copépodes pélagiques (1910, 1919). Seule la Spindelkerngenese de Huth (isosporogénèse de Brandt) représente l'évolution normale du Radiolaire indemne. Même interprétation des observations de Brandt (1890, 1895, 1902) et de Borgert (1897, 1900, 1909).

L'étude critique de la grande monographie des Radiolaires coloniaux de Brandt (1905) me permettait d'affirmer chez eux aussi l'existence de Péridiniens parasites : « Chez les Polycyttaires il n'a pas été décrit moins de quatre modes de reproduction. Il faudra faire là aussi la part du parasitisme. Des Péridiniens, des Syndinides y sont certainement en cause. Leur existence s'affirme par les anisospores gymnodiniennes des *Sphærozoum*. Certains stades végétatifs et de sporulation de ces Radiolaires présentent les concrétions très particulières qui existent d'une manière constante dans le plasmode des *Syndinium* (1920, p. 415) (¹). J'écrivais encore (1919, p. 336) : « Il y a de fortes présomptions pour que les corps extracapsulaires soient de nature parasitaire. »

En ce qui concerne les Thalassicolles, rien n'a été publié jusqu'ici qui confirme ou infirme mes vues. Mais chez les Polycyttaires et particulièrement chez *Collozoum inerme*, Hovasse (1923) (²) a récemment montré la structure syndinienne des masses plasmodiales intracapsulaires qui sont à l'origine de l'anisosporogénèse. Il les a nommées *Syndinium Brandti*. Hovasse considère aussi les corps extracapsulaires comme de nature parasitaire.

J'ai pu, à Banyuls-sur-Mer, réétudier chez plusieurs espèces, depuis les stades initiaux jusqu'à la libération des spores, la prétendue anisosporogénèse des Radiolaires coloniaux et établir définitivement qu'il s'agit bien là de l'évolution de Syndinides parasites.

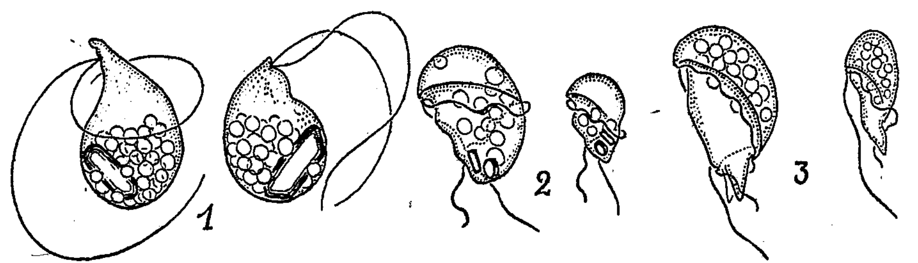
J'expose les raisons de cette certitude telles qu'elles résultent d'abord (A) de l'étude de *Collozoum inerme*, de *Myxosphæra cærulea*, de *Spœrozoum punctatum* et de *S. acuferum*, puis (B) de celle de *Collozoum pelagicum*.

A. A tous les stades de l'évolution normale du Radiolaire (isosporogénèse), il n'y a dans le cytoplasme continu des capsules centrales qu'une seule catégorie de noyaux à

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 413.
(²) *Bull. Soc. Zool. France*, t. 48, p. 247-254.

très nombreux et très fins chromosomes, qui deviennent les noyaux des isopores (*fig.* 1).

Au contraire chez les Radiolaires « en anisosporogénèse », il y a toujours, comme le montrent déjà bien les figures de Brandt, et comme l'a vu Hovasse, incluses dans le cytoplasme du Radiolaire, bien distinctes de lui, des masses d'abord uni- puis plurinucléées, dont les noyaux sont identiques à ceux des *Syndinium* tels que je les ai décrits en 1920. Ces masses que j'appelle sporoblastes se multiplient par plasmotomie tout en s'accroissant et finissent par se substituer complètement au cytoplasme de la capsule centrale, laminant entre eux ses noyaux.



1. Isospores de *Collozoum inerme*. — 2. Dinospores de *Merodinium Brandti* de *Collozoum inerme*. — 3. Dinospores de *M. mendax* de *Myxosphæra cœrulea*.

2° Au centre des sporoblastes s'accumule une subtance grasse, sous forme d'une grosse inclusion mamelonnée semblable à celle que renferme le plasmode des *Syndinium* des Copépodes (cf. Chatton, 1919, pl. XIII, fig. 141).

3° Les spores que forment les sporoblastes sont du type syndinien caractéristique (*fig.* 2 et 3). Très altérables, elles n'avaient été représentées jusqu'ici que très déformées.

B. Chez le *Collozoum pelagicum* le péridinien est à l'état de sporoblastes uninucléés, dont le cytoplasme est extrêmement difficile à distinguer de celui du Radiolaire.

Le parasite de *Collozoum pelagicum* est donc bien distinct de celui de *Collozoum inerme* par ses formes végétatives. Mais même dans les cas où les formes végétatives sont très semblables, l'étude des spores met en évidence les caractères distinctifs des espèces (*fig.* 2 et 3).

Je crois légitime et utile de distinguer spécifiquement les uns des autres les Péridiniens parasites des Radiolaires que j'ai étudiés et de les séparer génériquement des *Syndinium* des Copépodes pélagiques. Ceux-ci sont caractérisés par leurs plasmodes massifs, leurs spores fusiformes et régulièrement turbinées, leur parasitisme dans la cavité générale des Copépodes. Les Péridiniens des Radiolaires s'en écartent à la fois par la fragmentation initiale et persistante des plasmodes, par leurs spores piriformes et leur parasitisme intracellulaire. Je ferai pour eux le genre *Merodinium* (type *M. Brandti*) avec le sous-genre *Solenodinium* pour distinguer les parasites intranucléaires des Thalassicolles à plasmodes plus massifs et tubuleux (type : *S. fallax* n. sp. de *Thalassicolla spumida*). Quant aux espèces, je propose de les nommer : celle du *Collozoum pelagicum* : *Merodinium insidiosum*, de *Myxosphæra cœrulea* : *M. mendax*, de *Sphærozoum punctatum* : *M. dolosum*, et de *S. acuferum* : *M. astutum*. Toutes ces formes appartiennent à la famille des Syndinides telle que

je l'ai définie en 1919. A cette définition j'ai ajouté, en 1920, un caractère qui apparaît maintenant comme le plus général et le plus précis, et qui permet de reconnaître les Syndinides à tous les stades de leur évolution : noyau présentant en prophase ou en anaphase 5 chromosomes en V.

En résumé, chez tous les Radiolaires Polycyttaires et Collodaires chez lesquels on a décrit une «anisosporogénèse», celle-ci représente l'évolution de Péridiniens qui vivent en parasites dans le noyau ou dans le cytoplasme de la capsule centrale, qui s'y substituent sans altérer ni la forme de l'individu, ni celle des colonies et même sans inhiber leur multiplication et qui sporulent suivant un mode très analogue à celui du Radiolaire lui-même.

La connaissance de ce parasitisme insoupconné jusqu'en 1919, qui a compliqué et faussé l'étude du cycle évolutif des Radiolaires, nous permet maintenant de la reprendre sur un terrain déblayé et des bases solides.

PATHOLOGIE. — *Diphtérie aviaire et épithélioma contagieux.* Note de MM. **L. Panisset** et **J. Verge**, présentée par M. E. Leclainche.

L'étude clinique de la diphtérie aviaire permet de reconnaître deux formes :

1° Une forme aiguë, à localisations variables ;

2° Une forme chronique.

Forme aiguë. — C'est la modalité la plus fréquente ; elle se traduit par des types morbides bien distincts :

a. Type épithéliomateux ou variolique, caractérisé par l'apparition de nodules au niveau de la crête, des paupières et des barbillons ; au pourtour des yeux, des oreilles et du bec ; parfois même sur les régions emplumées.

b. Type pseudo-membraneux ou diphtéroïde, dans lequel les exsudats, plus ou moins abondants, siègent sur les muqueuses buccale, pharyngée et laryngée.

c. Type inflammatoire ou catarrhal, débutant par un coryza intense, des manifestations oculaires et la tuméfaction du sinus infra-orbitaire (catarrhe oculo-nasal). On assiste souvent à la fonte purulente de l'œil.

Ces différents processus peuvent s'associer entre eux et il n'est point rare de les rencontrer sur un même sujet.

Forme chronique. — Elle résulte souvent de la forme aiguë, mais peut s'installer d'emblée.

Elle se manifeste presque toujours par le type diphtéroïde classique, très

atténué; les oiseaux atteints constituent des porteurs de virus extrêmement dangereux et, partant, des vecteurs insoupçonnés de l'infection.

Expérimentalement, il est possible de reproduire les lésions pseudomembraneuses ou catarrhales en partant d'un virus épithéliomateux et inversement :

On prélève, sur le cadavre d'un dindon de cinq semaines, les tumeurs épithéliales situées sur le cou et le thorax. Ces nodules sont broyés, puis émulsionnés en sérum physiologique.

Le virus ainsi obtenu est inoculé dans la veine axillaire d'une poule neuve, en même temps qu'on opère de simples scarifications, non virulentes, au niveau de la crête et de la peau du bréchet, déplumée au préalable.

Le cinquième jour, on assiste à l'éclosion de fines plaques blanchâtres sur la voûte palatine et de nodules sur la crête; le septième jour, les lésions des muqueuses sont très étendues et très accusées; le dixième jour, les premières voies digestives et respiratoires sont totalement envahies par les fausses membranes; les yeux sont clos; il existe de la conjonctivite et du coryza; la crête, les paupières et les barbillons sont recouverts de croûtes: les traits de scarification du bréchet présentent de petites tumeurs, blanchâtres et hémisphériques.

Au quinzième jour, cette poule est sacrifiée. Son cerveau, extrait aseptiquement, est broyé en mortier stérile et émulsionné dans quelques centimètres cubes de sérum physiologique. L'insertion de cette émulsion sur la crête scarifiée d'une poule saine déclenche, le cinquième jour, l'apparition de lésions épithéliomateuses typiques, réinoculables en série.

Inversement les exsudats diphtéroïdes bucco-pharyngés d'une poule atteinte de maladie naturelle sont broyés en eau physiologique et inoculés à plusieurs poules saines, par badigeonnage de la crête scarifiée. Le dixième jour, on assiste à l'évolution de *quelques* boutons, présentant des caractères identiques à ceux des nodules épithéliomateux et, comme eux, réinoculables en série. En outre, on voit une des poules présenter, vers le vingtième jour, des lésions discrètes au niveau de la langue et de la voûte palatine.

Comment expliquer, dans ce cas, la virulence (en vérité peu marquée pour le derme) des fausses membranes de la diphtérie aviaire? Dans les tumeurs épithéliomateuses de la crête et des barbillons, il semble que le virus se trouve à l'état de pureté. Au contraire, dans les exsudats diphtériques de la bouche ou de la gorge, le virus filtrant disparaîtrait devant la flore de sortie qui s'associe et, peu à peu, se substitue à lui.

Ces multiples expériences (que nous avons reproduites avec le même succès à différentes reprises) mettent en lumière plusieurs points importants dans l'étude de la diphtérie aviaire :

1° Les trois types précédemment décrits (épithéliomateux, diphtéroïde, catarrhal) sont expérimentalement interchangeables : la diphtérie aviaire

et l'épithélioma contagieux ne constituent point des entités morbides distinctes et relèvent d'un même ultra-virus [1].

2° La durée d'incubation de la maladie expérimentale varie, chez la poule, de 2 à 6 jours.

3° Ainsi que l'avait déjà signalé Burnet, l'inoculation virulente intraveineuse permet de reproduire, dans ses aspects multiples, le tableau de la maladie naturelle. De plus, les tumeurs épithéliomateuses apparaissent en certaines régions préalablement scarifiées (crête, peau déplumée) et procurent ainsi une source abondante de virus.

4° Le cerveau des oiseaux expérimentalement infectés est virulent.

5° Le virus épithéliomateux présente une affinité certaine : pour le segment extérieur de l'ectoderme (peau, crête, barbillons); pour le segment bucco-pharyngé de l'ectoderme; pour le segment invaginé de l'ectoderme (système nerveux central).

M. **H. Lœwenstein** adresse une Note *Sur un nouveau procédé d'utilisation de l'énergie des vagues.*

A 15ʰ45ᵐ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16ʰ10ᵐ.

A. Lx.

---

[1] Toutefois, certaines formes de diphtérie aviaire peuvent être déterminées par des éléments pathogènes nettement différents de l'ultra-virus épithéliomateux : bacille de Löffler par exemple.

ERRATA.

—

(Séance du 12 novembre 1923.)

Note de M. *Ph. Joyet-Lavergne*, La structure cytoplasmique d'une coccidie :

Page 976, ligne 18, *au lieu de* microgamète, *lire* microgamétocyte; ligne 27, *au lieu de* granules dans le microgamète, *lire* granules dans le microgamétocyte.

(Séance du 19 novembre 1923.)

Note de MM. *Charcot* et *Louis Dangeard*, Recherches de Géologie sous-marine en Méditerranée (croisière du « Pourquoi-Pas? » 1923) :

Page 1049, ligne 12, *au lieu de* 60^{m}, *lire* 200^{m}.

PUBLICATIONS TECHNIQUES

TITRE DE LA REVUE	FORMAT	PÉRIODICITÉ	PARIS	FRANCE ET COLONIES	UNION POSTALE	PRIX DU NUMÉRO	NATURE DES QUESTIONS TRAITÉES PAR LA REVUE — PUBLIC AUQUEL ELLE S'ADRESSE
			fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
L'Aéronautique (*revue illustrée*)	In-4	Mensuelle	40 »	40 »	50 »	3 50	Présente, sous une forme attrayante, une technique éprouvée et une information mondiale. S'adresse à tous les lecteurs, spécialisés ou non.
Revue de l'Aéronautique Militaire (*revue illustrée*)	In-4	6 numéros paran	20 »	20 »	25 »	3 50	Revue d'arme de l'Aéronautique militaire, organe officiel du Ministère de la Guerre (12e Direction). Complément militaire de l'*Aéronautique*.
l'Aéronautique et la Revue de l'Aéronautique militaire (*abonnement global*)	In-4	18 numéros par an	56 »	56 »	70 »	»	Toute l'aéronautique technique, industrielle, commerciale et militaire.
L'Industrie automobile et aéronautique (*revue illustrée*)	In-4	Mensuelle	36 »	36 »	42 »	3 »	Présente, dans chaque numéro, une étude approfondie sur un châssis nouveau. S'adresse à tous les lecteurs, spécialisés ou non.
Revue B. B. C. (*revue illustrée*)	In-4	Mensuelle	35 »	35 »	35 »	3 50	Etudie le transport et la transformation de l'énergie électrique. S'adresse aux industriels, aux ingénieurs et élèves ingénieurs.
Revue Technique Sulzer (*revue illustrée*)	In-4	Trimestrielle	8 »	»	»	2 50	Etudie les applications de la construction mécanique sous leurs divers aspects. S'adresse aux industriels, aux ingénieurs et élèves ingénieurs.
Mines, Carrières, Grandes Entreprises (*revue illustrée*)	In-4	Mensuelle	60 »	France et Belgique 60 »	70 »	6 »	Revue technique, documentaire et bibliographique. Analyse et résume les grandes revues techniques du monde entier. S'adresse aux industriels, aux ingénieurs et à tous ceux qu'intéresse la littérature technique.
Bulletin de la Société française de Photographie*	Gr. in-8	Mensuelle	20 »	France 20 »	24 »	2 »	Organe de la Société française de photographie, présente impartialement les descriptions d'appareils et de procédés de photographie nouveaux. Se recommande aussi bien aux amateurs qu'aux professionnels et s'adresse en général à tous les amis de la photographie.
Mémorial des Poudres*	In-8	Variable	30 »	35 »	35 »	Ne se vend pas au numéro	Publié par le Service des Poudres, avec l'autorisation du Ministère de la Guerre, étudie les différentes questions intéressant les ingénieurs et les officiers techniciens.
Revue de Chimie Industrielle (*revue illustrée*). (*Ancienne Revue de Physique et Chimie, fondée par Schutzemberger et Rauth*).	In-4	Mensuelle	30 »	30 »	35 »	3 »	Comprend dans chaque numéro une Chronique, des Articles originaux, une Revue des Périodiques et des Brevets français et étrangers (Cl. XIV, Ind. chim.). Tient ses lecteurs au courant des dernières découvertes et améliorations des industries chimiques. S'adresse aux ingénieurs-chimistes, raffineurs, tanneurs, savonniers, fabricants de couleurs, laques et vernis, etc.
Revue des Combustibles liquides (*revue illustrée*)	In-4	Mensuelle	27 »	27 »	32 »	3 »	Grâce à sa documentation technique et commerciale d'ordre essentiellement pratique, cette revue, organe du Syndicat d'applications industrielles des combustibles liquides, est lue attentivement dans tous les milieux industriels qu'intéresse l'emploi des huiles lourdes.
Annales des Services techniques d'Hygiène de la Ville de Paris*	In-8	Trimestrielle	40 »	42 »	45 »	Ne se vend pas au numéro	Publiées sous la direction du Préfet de la Seine, donnent des comptes rendus des différents services d'hygiène départementaux (surveillance des eaux, vaccination, laboratoires, statistiques). Publication intéressant les médecins, les hygiénistes et les ingénieurs des travaux publics.

N° 23

TABLE DES ARTICLES (Séance du 3 Décembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

	Pages.
M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à M. *Lazareff*, Membre de l'Académie des Sciences de Petrograd, qui assiste à la séance	1165
M. PAUL APPELL. — Intégrales définies se rattachant à la constante C d'Euler	1165
M. LOUIS GENTIL. — Sur les nappes de recouvrement du Nord-Ouest africain	1166
M. A. BLONDEL. — Sur l'emploi des volants dans les groupes électrogènes et sur les dangers de résonance des arbres des moteurs à explosion qui les commandent	1171
M. C. GUICHARD. — Sur quelques propriétés des traces des tangentes asymptotiques d'une surface en un plan fixe	1177
MM. C. CAMICHEL et L. ESCANDE. — Sur la similitude	1180
M. J.-B. SENDERENS. — Déshydratation catalytique des alcools hydroaromatiques	1183
M. L. LECORNU fait hommage d'un Ouvrage de M. *P. Worms de Romilly*, intitulé : « Quelques réflexions sur la Relativité »	1186

PLIS CACHETÉS.

	Pages.
Ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 19 novembre 1923 et contenant une Note intitulée : « Sur un nouveau dispositif pour la réception des ondes courtes en télégraphie sans fil »	1186

CORRESPONDANCE.

	Pages.
MM. LOUIS BREGUET, R. BRUYLANTS, LAZARE WEILLER prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des applications de la science à l'industrie par le décès de M. *Maurice Leblanc*	1187
M. le SECRÉTAIRE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA FONDATION EDMOND DE ROTHSCHILD prie l'Académie de vouloir bien désigner un des Membres de la Section de Physique générale qui remplacera dans ce Conseil M. *Violle* décédé	1187
M. C. LE MORVAN adresse un Rapport sur l'emploi d'une subvention accordée en 1922 sur le *Fonds Bonaparte*	1187
M. MASLOV adresse des remerciments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux	1187
M. le PRÉSIDENT DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DU JAPON remercie l'Académie du témoignage de sympathie qu'elle lui a exprimé à l'occasion du récent tremblement de terre	1187
M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance	1187
M. LÉON POMEY. — Sur le dernier théorème de Fermat	1187
M. NIKOLA OBRECHKOFF. — Sur le développement en série d'un système de fonctions analytiques	1190
M. MIECZISLAS BIERNACKI. — Sur un nouveau théorème d'Algèbre	1193
Mlle NINA BARY. — Sur l'unicité du développement trigonométrique	1195

N° 23.

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (*suite*)

	Pages.
M. David Wolkowitsch. — Sur les mouvements infiniment petits en un point d'un corps élastique de l'espace	1198
M. H. Bisson. — Oscillations au voisinage du lieu d'émersion d'un solide dans le cas des ondes par émersion en milieu indéfini	1199
M. Delanoue. — Méthode graphique pour l'adaptation des hélices aux avions	1202
M. F. Baldet. — Comparaison de plusieurs radiations émises par le noyau des comètes, et d'origine encore inconnue, avec le spectre du bec Meker	1205
M. E.-M. Lémeray. — L'univers sidéral et la théorie de la relativité	1207
M. E. Brylinski. — Sur la précision de l'expérience de Michelson	1209
MM. Edmond Bauer, Pierre Auger et Francis Perrin. — Sur la théorie de la diffusion des rayons X	1211
M. H. Chipart. — A propos des théories de la polarisation rotatoire naturelle	1213
Mlle St. Maracineanu. — Recherches sur la pénétration des substances radioactives dans les métaux	1215
M. Chavastelon. — Sur la diffusion de la vapeur de soufre dans l'air à la température ordinaire	1217
M. A. Vila. — Dosage de petites quantités de molybdène. Application au phosphomolybdate d'ammonium pour le titrage indirect du phosphore	1219
MM. A. Gascard et G. Damoy. — Sur les acides de la cire d'abeilles	1222
M. Marcel Godchot. — Sur quelques synthèses d'acides bibasiques à fonction éther-oxyde	1224
M. C. Gaudefroy. — Sur les variations de la dispersion de biréfringence dans un même cristal	1227
M. M.-E. Denaeyer. — Sur les roches de l'Aïr (Sahara central)	1229
M. P. Lasareff. — Sur les anomalies du magnétisme terrestre et de la gravité dans le gouvernement de Koursk (Russie)	1232
M. René Souèges. — Embryogénie des Salicacées. Développement de l'embryon chez le *Salix triandra* L.	1234
MM. L. Ravaz et G. Verge. — Le rougeau de la vigne	1237
M. Marcel Baudouin. — Un nouveau procédé de trépanation préhistorique, à rondelles circulaire ou ovale, découpées au silex	1238
M. H. Cardot. — Influence de la cuisson des aliments sur le développement de la limace agreste	1240
M. Jacques Benoit. — Sur la structure histologique d'un organe de nature testiculaire développé spontanément chez une Poule ovariotomisée	1243
M. Edouard Chatton. — Les Péridiniens parasites des Radiolaires	1246
MM. L. Panisset et J. Verge. — Diphtérie aviaire et épithélioma contagieux	1249
M. H. Lœwenstein adresse une Note « Sur un nouveau procédé d'utilisation de l'énergie des vagues »	1251
Errata	1252

20755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie

Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouvellier

1923

DEUXIÈME SEMESTRE.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 24 (10 Décembre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par 47 suffrages contre 1 à M. *Marchal*, M. **E.-L. Bouvier** est élu vice-président pour l'année 1924.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P. Appell** et **L. Guignard** sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Noël la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 26 décembre au lieu du lundi 24.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 1er décembre 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Aimé Cotton** pour occuper, dans la Section de Physique générale, la place vacante par le décès de M. *J. Violle*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Aimé Cotton** prend place parmi ses Confrères.

M. A. **Haller** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie un volume intitulé : *Analyse spectrale appliquée aux recherches de Chimie minérale*, volume accompagné d'un Atlas, dû à la collaboration de MM. **Lecocq de Boisbaudran** et **Arnaud de Gramont**.

Cet Ouvrage constitue en quelque sorte le testament scientifique de nos regrettés confrères. Il comprend comme introduction un exposé fidèle de la vie, de l'œuvre et des idées de M. Lecocq de Boisbaudran par M. de Gramont.

La première partie du texte relatif à l'analyse spectrale, entièrement rédigée par l'auteur du Gallium, est consacrée aux divers procédés d'investigation employés, aux manières d'opérer les mesures et enfin à la description des onze planches de spectres d'étincelles et d'absorption d'un grand nombre d'éléments.

La seconde partie de ce même texte renferme l'œuvre personnelle de M. de Gramont sous le titre de « Dispositifs, méthodes et observations générales ».

Par la variété des produits soumis à l'examen, par la façon judicieuse avec laquelle les méthodes d'observation ont été appliquées, par le nombre et la précision des mesures effectuées, cette seconde partie ne le cède en rien, comme intérêt, à celle qui revient à M. Lecocq de Boisbaudran.

L'Atlas spécial qui est joint au volume de texte contient des planches de spectres exécutées avec un soin et une finesse qui ne laissent rien à désirer. Comme nous l'avons signalé, onze de ces planches se rattachent aux déterminations de M. Lecocq de Boisbaudran, tandis que les huit dernières ont été exécutées par M. de Gramont.

Le soin avec lequel toute l'œuvre a été édifiée et reproduite en fait un monument tout à l'honneur de la Spectroscopie française.

MÉCANIQUE. — *Sur la torsion des arbres de transmission.* Note de M. L. **Lecornu**.

Dans ma Note du 19 novembre 1923, j'ai recherché les effets dus à l'interposition d'un accouplement élastique entre un moteur et une dynamo. La torsion propre de l'arbre de transmission, quand elle n'est pas négligeable, intervient de son côté. C'est la question que je vais examiner ici, en supposant maintenant qu'il n'y a pas d'accouplement élastique.

Continuant à désigner par θ, φ les rotations du moteur et de la dynamo, appelons G_1 et G_2 les couples exercés par l'arbre à sa jonction avec ces deux appareils. On a

$$\text{(1)} \qquad A\frac{d^2\theta}{dt^2} = M - G_1, \qquad B\frac{d^2\varphi}{dt^2} = G_2 - N.$$

Soit ψ la rotation éprouvée par la section droite de l'arbre située à la distance x de sa jonction avec le moteur; soit ρ la densité du métal; soit enfin μ le coefficient de la résistance au glissement.

La théorie de la torsion fournit l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}.$$

Le rapport $\frac{\mu}{\rho}$ est égal au carré a^2 de la vitesse de propagation des vibrations transversales. Si l'on remplace ψ par $q\sin(nt+\alpha)$, cette équation devient

$$\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} = -\frac{n^2}{a^2}q,$$

d'où

$$\psi = u\sin\left(\frac{nx}{a}+\beta\right)\sin(nt+\alpha)$$

avec deux nouvelles constantes u et β. Ces constantes doivent être telles que ψ se confonde avec θ pour $x = 0$ et avec φ pour $n = L$ (L désignant la longueur de l'arbre). Nous écrirons donc

$$\theta = u\sin\beta\sin(nt+\alpha), \qquad \varphi = u\sin\left(\frac{nL}{a}+\beta\right)\sin(nt+\alpha).$$

En appelant I le moment d'inertie polaire de la section droite, le couple de torsion a pour valeur générale $\mu I\frac{\partial\psi}{\partial x}$. Donc

$$G_1 = \mu I\frac{nu}{a}\cos\beta\sin(nt+\alpha),$$

$$G_2 = \mu I\frac{nu}{a}\cos\left(\beta+n\frac{L}{a}\right)\sin(nt+\alpha).$$

Portons ces valeurs dans les équations (1) et annulons les coefficients de $\sin(nt+\alpha)$. Il vient

$$\text{(2)} \qquad -Aun^2\sin\beta = p - \mu I\frac{nu}{a}\cos\beta,$$

$$-Bun^2\sin\left(\beta+\frac{nL}{a}\right) = \mu I\frac{nu}{a}\cos\left(\beta+\frac{nL}{a}\right),$$

d'où

$$\operatorname{tang}\left(\beta + \frac{nL}{a}\right) = -\frac{\mu I}{Bna}, \qquad u = \frac{p}{\mu I \frac{n}{a}\cos\beta - A n^2 \sin\beta}.$$

On connaît ainsi u et β.

D'ailleurs on peut tirer des équations (2) cette autre valeur de u :

$$u = \frac{Bp}{\mu I \frac{n}{a}\left[A\cos\left(\beta + \frac{nL}{a}\right) + B\cos\beta\right] - n^2 AB\left[\sin\left(\beta + \frac{nL}{a}\right) - \sin\beta\right]}.$$

Ces calculs sont rigoureux. Remarquons maintenant que $\frac{L}{a}$ mesure le temps employé par les vibrations transversales pour parcourir la longueur de l'arbre. Ce temps est très petit. Si donc la fréquence n n'est pas trop grande, on peut négliger les puissances de $n\frac{L}{a}$ supérieures à la première, d'où

$$u\cos\beta = \frac{Bp}{\mu I \frac{n}{a}\left(A + B - A\frac{nL}{a}\operatorname{tang}\beta\right) - ABn^2\frac{nL}{a}}.$$

Observons encore que $\operatorname{tang}\beta$ diffère peu de $\operatorname{tang}\left(\beta + \frac{nL}{a}\right)$, c'est-à-dire de $-\frac{\mu I}{Bna}$ en sorte que $A\frac{nL}{a}\operatorname{tang}\beta$ est à peu près égal à $-\frac{A\mu IL}{Ba^2}$. D'ailleurs, μ est égal à $a^2\rho$ et ρIL est le moment d'inertie B_0 de l'arbre. On voit que le terme $A\frac{nL}{a}\operatorname{tang}\beta$ se réduit sensiblement à $-A\frac{B_0}{B}$, et comme B_0 est toujours très inférieur à B, il est permis de négliger ce terme en présence de $A + B$.

L'expression du couple G_1 devient, dans ces conditions,

$$G_1 = \frac{\mu I}{L}\,\frac{Bp}{\frac{\mu I}{L}(A + B) - ABn^2}\sin(nt + \alpha).$$

En comparant à la valeur du couple développé dans un accouplement élastique [formule (5) de la précédente Note. Je signale en passant qu'à la ligne 2 de la page 993, il faut lire : *sans second membre* au lieu de : *avec second membre*], on constate que la seule différence réside dans le remplacement de k par $\frac{\mu I}{L}$, ou, ce qui revient au même, par $\frac{B_0}{T^2}$. Si l'on voulait plus de précision, il suffirait de remplacer en même temps $A + B$ par

$$A\left(1 + \frac{B_0}{B}\right) + B.$$

Le couple G_2 se déduit de G_1 en multipliant par le facteur

$$\frac{\cos\left(\beta + \frac{nL}{a}\right)}{\cos\beta},$$

sensiblement égal à $1 + \frac{B_0}{B}$.

Sans insister davantage, il est clair que la discussion relative à l'influence de l'accouplement élastique s'étend sans peine au cas d'un arbre susceptible de torsion et conduit à des conclusions analogues.

Ces conclusions sont obtenues en considérant séparément l'influence de chacun des termes périodiques contenus dans M. En réalité, ces effets se superposent, et l'effet résultant est d'autant plus complexe que la suite comprend un plus grand nombre de termes. La multiplication des cylindres tend à diminuer cette complexité : car elle fait, on le sait, disparaître tous les termes dont le rang n'est pas multiple du nombre de cylindres. Dans le cas où, pour représenter convenablement M, il serait nécessaire d'avoir recours à une série formée d'un nombre illimité de termes, toutes réserves devraient naturellement être faites au sujet de la question de convergence.

HYDRODYNAMIQUE ET HYDRAULIQUE. — *Tenseur d'agitation moyenne. Conductibilité et dissipation de l'énergie d'agitation.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

I. Hydrodynamique minutieuse. — Les équations hydrodynamiques du mouvement d'un fluide visqueux sont, avec les notations habituelles,

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} \rho\left[\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}\right] = \rho X + \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial y} + \frac{\partial T_2}{\partial z}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{array}\right.$$

$$(2)\qquad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0.$$

On peut, comme on le sait au moins depuis les travaux de O. Reynolds, donner aux équations (1) la forme

$$(3)\qquad \frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u^2) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho uv) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho uw) = \rho X + \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial y} + \frac{\partial T_2}{\partial z},$$

en utilisant l'équation (2).

On peut aussi donner à l'équation des forces vives la forme

$$(4)\quad \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(u.\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(v.\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(w.\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)$$
$$=\rho(uX+vY+wZ)+\frac{\partial}{\partial x}(uN_1+vT_3+wT_2)+\frac{\partial}{\partial y}(uT_3+vN_2+wT_1)+\frac{\partial}{\partial z}(uT_2+vT_1+wN_3)-\left[N_1\frac{\partial u}{\partial x}+\ldots+T_1\left(\frac{\partial w}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial z}\right)+\ldots\right].$$

Ces équations s'appliquent rigoureusement au mouvement élémentaire. Pour s'en servir, il faut connaître la loi qui lie les forces N, T, à la déformation et à la vitesse de déformation.

Écrites sous la forme (2), (3), (4), les équations sont bien préparées pour l'écriture des équations hydrauliques.

II. Passage de l'hydrodynamique a l'hydraulique. — Nous admettrons que les mouvements naturels des fluides pris en grande masse sont souvent caractérisés par les propriétés suivantes :

On peut dans toute la masse définir des volumes grossièrement cubiques, *pas trop petits*, pour lesquels les propriétés *moyennes* ne dépendent pas sensiblement des dimensions du volume choisi.

Ces propriétés moyennes varient lentement, et d'une manière pratiquement continue, en passant d'un des volumes au voisin.

On peut alors distinguer une vitesse d'ensemble, ou vitesse moyenne, et une vitesse d'agitation minutieuse. L'hypothèse essentielle est que les mesures faites à l'échelle du décimètre ou de quelques décimètres, par exemple, ne révèlent que les mouvements d'ensemble. Pour reconnaître et étudier l'*agitation*, il faut des mesures faites à une échelle beaucoup plus petite, le millimètre par exemple.

Le mouvement du fluide étudié dans son détail — à l'échelle du millimètre — exige l'emploi des équations rigoureuses de l'hydrodynamique.

Mais il arrive souvent que l'agitation, extrêmement confuse en apparence à l'échelle moyenne, présente, à grande échelle (décimètre ou mètre), des propriétés moyennes obéissant à des lois générales définies.

Lorsque de telles conditions sont remplies :

Mouvement moyen continu à grande échelle;

Agitation lentement variable à grande échelle;

on peut abandonner l'étude minutieuse hydrodynamique et obtenir des résultats importants concernant les mouvements d'ensemble pourvu qu'on soit ren-

seigné sur la propagation de l'agitation moyenne. C'est le domaine de l'hydraulique.

Il n'y a pas de frontière définie entre hydraulique et hydrodynamique; tout dépend de la précision des mesures et des résultats attendus.

III. Liquide. Équations moyennes. — Considérons maintenant les gros éléments de volume définis au paragraphe précédent, et posons partout

$$u = U + \mathfrak{v}, \ldots \qquad \overline{\mathfrak{v}} = 0, \qquad \text{d'où :} \qquad \overline{u} = U$$

en désignant par $\mathfrak{v}, \varphi, \psi$ la vitesse d'agitation, dont la moyenne $\overline{\mathfrak{v}}$ est nulle par définition. Les moyennes où les vitesses d'agitation entrent à un degré supérieur au premier et principalement à un degré pair, $\mathfrak{v}^2, \mathfrak{v}\varphi, \ldots$, ne sont pas généralement nulles.

Occupons-nous seulement ici des liquides, dont nous supposerons la densité rigoureusement constante malgré les petites inégalités de température, créées, par exemple, par le travail de la viscosité.

On a

$$\operatorname{Div} U = 0, \qquad \operatorname{Div} \mathfrak{v} = 0.$$

Les dérivées moyennes telles que $\overline{\frac{\partial \mathfrak{v}}{\partial x}}, \overline{\frac{\partial \mathfrak{v}}{\partial y}}, \ldots$ sont aussi nulles. Mais les produits de ces dérivées entre elles, ou par les vitesses d'agitation $\mathfrak{v}$, ont en général une moyenne finie.

Enfin, pour simplifier cet exposé, admettons de suite comme générale la loi de viscosité de Navier

$$N_1 = -p + 2\eta \frac{\partial u}{\partial x}, \qquad \ldots, \qquad T_1 = \eta\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right), \qquad \ldots.$$

Les équations des quantités de mouvement (3) donnent, en faisant passer dans le second membre les termes qui proviennent de l'agitation

$$(5) \qquad \begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial t}(\rho U) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho U^2) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho UV) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho UW) \\ &\quad = \rho X + \frac{\partial}{\partial x}(\overline{N_1} - \rho\overline{\mathfrak{v}^2}) + \frac{\partial}{\partial y}(\overline{T_3} - \rho\overline{\mathfrak{v}\varphi}) + \frac{\partial}{\partial z}(\overline{T_2} - \rho\overline{\mathfrak{v}\psi}), \end{aligned}$$

ce sont des équations de même forme que celles de l'hydrodynamique (1); mais aux actions $\overline{N}$, $\overline{T}$ dues aux dilatations et glissements d'ensemble, et à la pression moyenne, s'ajoutent les actions *hydrauliques*, $-\rho\overline{\mathfrak{v}^2}$, $-\rho\overline{\mathfrak{v}\varphi}$, etc., dues au transport de quantité de mouvement d'*agitation* à travers les faces du parallélépipède unitaire.

Posons

$$\mathcal{N}_1 = -\rho\overline{\mathfrak{U}^2}, \quad \ldots, \quad \mathcal{T}_1 = -\rho\overline{\mathfrak{V}\mathfrak{W}}, \quad \ldots.$$

Le premier problème expérimental de l'hydraulique est la recherche des lois qui rattachent ces actions $\mathcal{N}$, $\mathcal{T}$ au mouvement d'ensemble, à la déformation locale d'ensemble, ainsi qu'à la rugosité des parois où naît l'agitation. On peut présumer que la propagation de cette agitation obéit à des lois, à tirer de l'étude détaillée de quelques cas particuliers, qui déterminent ces actions $\mathcal{N}$, $\mathcal{T}$, non pas en termes finis, mais par des équations aux dérivées partielles — à ajouter aux équations (5) *— et par des conditions aux parois.*

IV. Équation des forces vives. — Écrivons de même l'équation des forces vives, en laissant dans le premier membre les termes dus au mouvement d'ensemble, et renvoyant dans le second membre les termes qui proviennent de l'agitation moyenne :

$$(6)\quad \begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\frac{U^2+V^2+W^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(U.\rho\frac{U^2+V^2+W^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}(V\ldots)+\frac{\partial}{\partial z}(W\ldots)\\ &\quad=\rho(UX+VY+WZ)\\ &\quad+\frac{\partial}{\partial x}[U(\overline{N}_1+\mathcal{N}_1)+V(\overline{T}_3+\mathcal{T}_3)+W(\overline{T}_2+\mathcal{T}_2)]\\ &\quad+\frac{\partial}{\partial y}[U(\overline{T}_3+\mathcal{T}_3)+V(\overline{N}_2+\mathcal{N}_2)+W(\overline{T}_1+\mathcal{T}_1)]\\ &\quad+\frac{\partial}{\partial z}[U(\overline{T}_2+\mathcal{T}_2)+V(\overline{T}_1+\mathcal{T}_1)+W(\overline{N}_3+\mathcal{N}_3)]\\ &\quad-\left[N_1\frac{\partial U}{\partial x}+\ldots+T_1\left(\frac{\partial W}{\partial y}+\frac{\partial V}{\partial z}\right)+\ldots\right]+\mathcal{A} \end{aligned}$$

avec

$$(7)\quad \begin{aligned} \mathcal{A} = &-\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\overline{\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right)-\frac{\partial}{\partial x}\left[U.\rho\overline{\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right]\\ &-\frac{\partial}{\partial y}\left[V.\rho\overline{\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right]-\frac{\partial}{\partial z}\left[W.\rho\overline{\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right]\\ &+\frac{\partial}{\partial x}\left[-\overline{\mathfrak{U}\mathfrak{P}}+\eta\overline{\frac{\partial}{\partial x}(\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2)}+\eta(\overline{\mathfrak{V}\mathcal{R}_3-\mathfrak{W}\mathcal{R}_2})\right]\\ &+\frac{\partial}{\partial y}\left[-\overline{\mathfrak{V}\mathfrak{P}}+\eta\overline{\frac{\partial}{\partial y}(\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2)}+\eta(\overline{\mathfrak{W}\mathcal{R}_1-\mathfrak{U}\mathcal{R}_3})\right]\\ &+\frac{\partial}{\partial z}\left[-\overline{\mathfrak{W}\mathfrak{P}}+\eta\overline{\frac{\partial}{\partial z}(\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2)}+\eta(\overline{\mathfrak{U}\mathcal{R}_2-\mathfrak{V}\mathcal{R}_1})\right]\\ &-\eta\left[\overline{\left(\frac{\partial\mathfrak{U}}{\partial x}\right)^2}+\ldots+\overline{\left(\frac{\partial\mathfrak{W}}{\partial y}+\frac{\partial\mathfrak{V}}{\partial z}\right)^2}+\ldots\right]\\ &-\frac{\partial}{\partial x}\left[\overline{\mathfrak{U}.\rho\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right]\\ &-\frac{\partial}{\partial y}\left[\overline{\mathfrak{V}.\rho\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right]-\frac{\partial}{\partial z}\left[\overline{\mathfrak{W}.\rho\frac{\mathfrak{U}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right]. \end{aligned}$$

Dans la théorie habituelle de l'hydraulique, où l'on introduit le tenseur de pression et de frottement hydraulique $\overline{\mathrm{N}} + \mathcal{N}, \overline{\mathrm{T}} + \mathcal{E}$, par les équations de quantité de mouvement, on se figure qu'on a ensuite l'équation des forces vives complète en écrivant une équation telle que (6), *sans les termes* $\mathcal{A}$. (On y néglige en outre, sans grand inconvénient, la viscosité de Poiseuille relative au mouvement d'ensemble.)

Ces termes $\mathcal{A}$ jouent en hydraulique un rôle analogue aux termes de conductibilité thermique et de variation de chaleur en thermodynamique; ils ne sont pas moins importants. On peut les diviser en deux groupes :

(A). D'abord trois termes définissant un *flux d'agitation* à travers les faces du parallélépipède unitaire; une des composantes de ce flux est

$$\mathcal{A}_x = -\left[\mathrm{U}.\rho\,\overline{\frac{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}{2}} + \overline{\mathcal{U}\mathcal{P}} + \overline{\mathcal{U}\rho\,\frac{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}{2}}\right] + \eta\,\overline{(\mathcal{V}\mathfrak{R}_3 - \mathcal{W}\mathfrak{R}_3)} + \eta\,\overline{\frac{\partial}{\partial x}(\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2)},$$

$\mathcal{P}$ est l'excès de la pression isotrope minutieuse sur la pression moyenne $\overline{p}$.
$\mathfrak{R}_1 = \frac{\partial\mathcal{W}}{\partial y} - \frac{\partial\mathcal{V}}{\partial z}, \ldots$ est la double rotation.

(B). Puis les termes de variation interne de l'agitation

$$\mathcal{A}_0 = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\,\overline{\frac{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}{2}}\right) - \eta\left[\overline{\frac{\partial\mathcal{U}^2}{\partial x}} + \ldots + \overline{\left(\frac{\partial\mathcal{W}}{\partial y} + \frac{\partial\mathcal{V}}{\partial z}\right)^2} + \ldots\right].$$

On peut d'ailleurs adopter diverses répartitions entre les termes de flux et les termes de variation interne.

Ainsi l'équation complète des forces vives doit comprendre :

Le flux d'agitation qui entre par les faces de l'élément de volume (sans provenir du travail du frottement moyen sur la vitesse moyenne);

Et les variations d'énergie interne d'agitation dans l'élément de volume.

Le second problème expérimental de l'hydrodynamique, que l'on ne s'est jamais posé à ma connaissance, sera de découvrir les lois qui déterminent ce flux $\mathcal{A}_x$, $\mathcal{A}_y$, $\mathcal{A}_z$, *et cette variation d'agitation* $\mathcal{A}_0$, *lorsque les conditions II sont assez bien satisfaites, pour que de telles lois existent.*

Il est à présumer que les lois de cette CONDUCTIBILITÉ D'AGITATION *et de cette* DISSIPATION D'AGITATION *devront être écrites, pour obtenir des expressions locales, non pas directement en termes finis, mais sous forme d'équations aux dérivées partielles, complétées par des conditions aux parois rugueuses.*

On peut espérer tirer quelques indications utiles sur la forme générale de ces lois, de l'étude théorique rigoureuse de quelques problèmes particuliers sur la naissance, la propagation et l'extinction de l'agitation en liquide visqueux.

V. Gaz. Atmosphère. — Pour les fluides compressibles, les termes d'agitation qui subsistent dans les équations des quantités de mouvement, et de la force vive du mouvement d'ensemble, sont beaucoup plus nombreux; mais le caractère général en est le même, et les deux problèmes expérimentaux sont analogues.

Remarque. — Je n'ai pas employé le mot « turbulence »; ce qu'on a cru étudier, dans les mémoires écrits sur ce sujet, est très loin du problème général théorique et expérimental qui se pose lorsque l'agitation satisfait aux conditions décrites au paragraphe II.

La discussion des équations écrites dans cette note pour les liquides et de celles, plus compliquées, relatives aux gaz, ne saurait trouver place ici.

Il en est de même de l'utilisation des observations de Bazin pour la solution de ce que j'ai appelé le premier problème de l'hydraulique.

La solution du second problème paraît beaucoup plus difficile tant qu'on ne possédera pas une méthode sûre de mesure globale de l'énergie moyenne d'agitation.

PHYSIOLOGIE. — *Antiseptiques réguliers et irréguliers.* Note de M. Charles Richet.

Dans une longue série de travaux, et par diverses Notes présentées à l'Académie, j'ai montré qu'une fermentation (lactique), très régulière lorsqu'elle se fait en milieu normal, devient irrégulière lorsqu'un antiseptique est ajouté au bouillon de culture.

En prenant pour mesure de l'activité du ferment la quantité d'acide qui a été formée, nous avons prouvé que l'*écart moyen* des acidités (autrement dit des activités) est variable selon la nature et la dose des antiseptiques ajoutés. Nous en avons conclu qu'il y a des antiseptiques irréguliers (comme $HgCl^2$) et des antiseptiques réguliers, quoique en général l'addition d'un antiseptique tende toujours à faire croître l'écart moyen, soit relatif, soit absolu.

M. Aug. Lumière, dans un récent travail, a âprement contredit ces résultats et, à la suite d'expériences dues tant à Mme Montoloy qu'à un

anonyme [1], il nous a reproché, à mes éminents collaborateurs et à moi, d'avoir fait depuis vingt ans de graves fautes de technique, par exemple la diversité des tubes, la nature du liquide, le titrage acidimétrique, etc. D'ailleurs, il est juste de constater que M. Aug. Lumière n'avait pas pris la peine de se mettre attentivement au courant de nos divers travaux [2].

Il me paraît puéril d'insister et de me livrer à des polémiques inutiles. C'est l'expérience seule qui peut juger, et une expérience bien faite. Les contradictions nous rendent un très grand service en nous faisant répéter nos expériences.

Je me contenterai donc de signaler une nouvelle expérience, faite par nous tout récemment, dans des conditions irréprochables, et qui confirme d'une manière éclatante nos résultats précédents.

1° Nous avons pris 1 litre de bouillon de culture stérilisé, et nous l'avons ensemencé avec 10 gouttes de semence diluée à $\frac{1}{10}$, puis nous avons partagé 1000^{cm^3} en deux flacons. Dans un de ces flacons, on a ajouté 0,0007 pour 100 de $HgCl^2$ et l'on a réparti ces deux liquides, par 10^{cm^3}, dans des tubes stériles. Le résultat a été :

Témoins.		Tubes à $HgCl^2$.	
Première série.			
Fermentation : 18 heures. Ac. variant de 2,8 à 4,8 [3].		Fermentation : 22 heures. Ac. variant de 3,2 à 10,8.	
Écart absolu........	0,40	Écart absolu........	1,49
» relatif.........	0,10	» relatif.........	0,19
Deuxième série.			
Fermentation : 22 heures. Ac. variant de 8,4 à 10,2.		Fermentation : 21 heures. Ac. variant de 4,7 à 10,8.	
Écart absolu........	0,229	Écart absolu........	0,875
» relatif.........	0,0245	» relatif.........	0,103

2° Dans une seconde expérience, nous n'avons trouvé aucune différence entre l'écart des témoins et l'écart observé sur des tubes contenant du mercure. Mais ce fait, loin de contredire le précédent, *le confirme*.

---

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 37, 1923, p. 966-988.

(2) Dans une Note additionnelle, M. Aug. Lumière (ou plutôt M. X...) trouve, comme nous, une notable irrégularité dans les tubes mercuriques; mais il suppose que c'est parce qu'*il y a eu de la mousse* et que la semence s'est amassée sur la mousse! (*sic*).

(3) Ces chiffres indiquent des centimètres cubes d'une solution de KOH à 4 pour 1000.

En effet, les tubes témoins et les tubes contenant du mercure avaient fermenté également. Donc la dose de mercure était trop faible pour agir [1]. On comprend tout de suite que les antiseptiques ne peuvent alors être irréguliers. Ils n'agissent pas. Voilà tout. Les tubes mercuriques se comportent alors comme des témoins; et c'était évident *a priori*.

3° La troisième expérience a été tout aussi décisive que la première. Nous avons ensemencé avec une très faible quantité de semence (diluée à 1/100e) en procédant de la même manière que plus haut pour toutes les opérations.

Témoins.		Tubes à $HgCl^2$.	
Première série.			
Fermentation : 36 heures. Ac. variant de 8,3 à 9,6.		Fermentation : 50 heures. Ac. variant de 1,6 à 5.	
Ecart absolu........	0,233	Ecart absolu........	0,591
» relatif........	0,026	» relatif........	0,198
Deuxième série.			
Fermentation : 63 heures. Ac. variant de 13,1 à 15,5.		Fermentation : 63 heures. Ac. variant de 8,2 à 10.	
Ecart absolu........	0,576	Ecart absolu........	0,376
» relatif........	0,042	» relatif........	0,041

Si dans la deuxième série il n'y a pas eu de différence, c'est que nous avions attendu trop longtemps.

Or, au bout d'une longue fermentation, toutes les acidités, celles des témoins et celles des tubes à $HgCl^2$, tendent à une constante.

En classant par acidités croissantes les fermentations (dosées à divers moments) et en ne relevant des tubes mercuriques que ceux où le ralentissement au bout de 24 heures a été de plus de 8 pour 100 en moyenne, on trouve, en faisant égal à 100 l'écart des témoins :

Acidités.	Écart des tubes à $HgCl^2$	
	absolu.	relatif.
De 1 à 5...........................	145	178
De 7 à 9...........................	435	477
De 9 à 10...........................	258	264

[1] Elle était la même cependant que dans l'expérience précédente, mais le bouillon de culture n'était plus le même. Malgré toutes les précautions, on ne peut avoir deux bouillons de culture préparés à différents moments dans lesquels il n'y ait pas quelques nuances au point de vue de la puissance nutritive.

En faisant un autre classement d'après le ralentissement produit en 24 heures, par l'action toxique du mercure, on a :

Ralentissement en 24 heures.	Écart relatif.
100	761
55	334
14	183
3	109
0	66

Ainsi l'irrégularité est d'autant plus grande que la quantité de substance toxique est plus considérable.

En définitive, il n'y a aucun compte à tenir des critiques de M. Aug. Lumière. Ce qui avait été démontré antérieurement par nous, que l'addition de tel ou tel antiseptique rend la fermentation irrégulière, demeure fermement établi.

Il semble que ce fait soit très important au point de vue chirurgical pour le choix d'un antiseptique.

HYDRAULIQUE. — *Sur les régimes hydrauliques*. Note (1) de MM. **C. Camichel** et **M. Ricaud**.

Cette Note a pour objet l'étude de quelques propriétés des régimes hydrauliques.

1° *Équations générales de l'Hydrodynamique.* — Nous avons recherché si les équations générales de l'Hydrodynamique, qui sont avec les notations habituelles

$$\frac{\partial p}{\partial X} = \rho X + \mu \Delta u - \rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}\right),$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

s'appliquent aux vitesses que l'on réalise ordinairement. Pour cela, nous avons étudié, dans un ajutage vertical rectangulaire ayant une section horizontale de $5^{mm},2 \times 105^{mm}$, la répartition des vitesses en régime non turbulent suivant une direction parallèle au plus petit côté de cette section (axe des x). Le sens de l'écoulement était normal à cette direction et parallèle à l'axe des z et l'axe des y était parallèle au plus grand côté de la

(1) Séance du 26 novembre 1923.

section. L'observation était faite dans un plan vertical médian. Les équations se réduisent alors à une seule

$$\mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{\partial p}{\partial z}.$$

La répartition des vitesses doit donc être représentée par une parabole du second degré. L'expérience vérifie bien qu'il en est ainsi jusqu'à la vitesse de $1^m,50$ pour le filet médian. Pour des vitesses supérieures, il n'a pas été possible d'obtenir un régime non turbulent suffisamment stable pour permettre les mesures.

Voici les résultats d'une expérience :

x^{mm}.	W mesuré et calculé en mètres par seconde.	
	Mesuré.	Calculé.
—2,6	paroi gauche	
—2,19	0,318	0,320
—1,76	0,583	0,570
0,315	0,92	0,905
1,28	0,739	0,730
1,98	0,438	0,435
2,23	0,267	0,267
2,4	0,153	0,120
2,6	paroi droite	

L'observation des clichés photographiques était faite au moyen d'un micromètre spécial.

Il est nécessaire de faire les mesures à une distance de l'origine amont égale à au moins 100 fois la plus petite dimension de la section, sinon le régime définitif des vitesses n'est pas établi; c'est ainsi que près de l'origine amont l'eau se déplace en bloc dans la majeure partie de l'ajutage.

Enfin, comme dans la plupart des expériences, on arrive à mesurer la vitesse en des points très près de la paroi (jusqu'à $0^{mm},2$ dans l'expérience précédente), on peut légitimement prolonger par extrapolation la courbe de répartition des vitesses jusqu'à cette paroi, on voit alors que la vitesse de l'eau y est nulle.

2° *Régime turbulent bien défini.* — Nous avons déjà mis en évidence, depuis les vitesses de 1^m par seconde jusqu'aux vitesses de 8^m par seconde, l'existence d'un régime turbulent bien défini en montrant que la relation liant la vitesse moyenne d'écoulement à la différence de pression entre deux points déterminés d'un tube était indépendante de l'obstacle produisant la

turbulence. Nous avons étendu ces expériences jusqu'aux vitesses de 70^m par seconde.

Le tube étudié horizontal avait $2^{mm},6$ de diamètre intérieur; le long de sa génératrice supérieure étaient disposées cinq tubulures destinées à mesurer les différences des pressions en des points situés à 9^{cm} de distance, le premier se trouvant à $16^{cm},5$ de l'extrémité amont. On vérifiait d'abord que la répartition des pressions était linéaire le long des tubes; les obstacles étaient constitués par des treillis métalliques de $0^{mm},52 \times 0^{mm},52$ placés à l'extrémité amont du tube, normalement à l'axe de celui-ci. Dans ces conditions, nous avons obtenu par exemple les résultats suivants :

Nombre de grilles.	W m/sec.	Δp kg/cm² en 2 points distants de 9^{cm}.
0	65,8	21,5
1	68	22
3	67	21,85

Ces expériences confirment donc, depuis la vitesse de 1^m par seconde jusqu'à la vitesse de 70^m par seconde, l'existence d'un régime turbulent bien défini.

3° *Étude du tube de Pitot.* — Il est intéressant de savoir si, pour une formule déterminée, le même coefficient est valable dans l'un et l'autre des régimes. Nous avons étudié cette question en ce qui concerne le tube de Pitot.

Depuis les expériences de M. Rateau, on sait qu'en régime non turbulent cet appareil permet de calculer la vitesse par la formule

$$W = \sqrt{2gh}, \qquad h = H_1 - H_2,$$

H_1 pression correspondant à l'orifice normal aux filets liquides; H_2 pression correspondant à l'orifice parallèle aux filets liquides. Pour vérifier qu'il en est de même dans le régime turbulent, nous avons évalué le débit d'un tube cylindrique de section Ω :

1° Par une intégration $q_p = \int_\Omega W\,d\omega$, les vitesses étant mesurées au moyen du tube de Pitot;

2° Par un jaugeage direct q_j, dans les mêmes conditions d'écoulement. Les surfaces élémentaires $d\omega$ étaient des zones concentriques; on faisait 2 ou 4 mesures de h par zone. Les différences observées n'excédaient pas, dans les expériences les plus mauvaises, 10^{cm}, pour des valeurs de h variant de 2^m à $6^m,30$.

Avec un tube de laiton de 30^{mm} de diamètre intérieur, nous avons obtenu

les débits :

$$q_p = 6{,}56 \text{ l/sec}; \qquad q_j = 6{,}50 \text{ l/sec}.$$

Avec un tube de fer de 79mm de diamètre intérieur :

$$q_p = 36{,}140 \text{ l/sec}; \qquad q_j = 36{,}400 \text{ l/sec}.$$

Les mesures de H_1 et H_2 ont été faites avec des tubes distincts : pour mesurer H_1, on disposait d'un tube cylindrique aux bords amincis de 2mm de diamètre intérieur et de 15cm de longueur; on a même utilisé près des parois une aiguille hypodermique d'un demi-millimètre de diamètre intérieur. On mesurait H_2 avec une sorte de coin très aigu (4°); sur la face parallèle aux filets liquides se trouvait un orifice de 2mm en communication avec le manomètre.

Dans ces conditions, le calcul de la vitesse par la même formule peut être considéré comme exact pour les deux régimes.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie de la troisième édition de ses *Éléments de la Théorie des Probabilités*. Tout en conservant son caractère élémentaire, cette nouvelle édition a été augmentée de notes qui concernent respectivement les applications des probabilités aux phénomènes radioactifs, à la statistique et aux jeux dans lesquels le hasard se combine avec l'habileté des joueurs.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un mémoire dans lequel il a achevé le travail d'Alphonse Milne-Edwards : *Sur les Porcellanides et les Brachyures recueillis dans les dragages effectués, sous la direction d'Alexandre Agassiz, dans le golfe du Mexique, etc.*

ÉLECTIONS.

Par 26 suffrages contre 6 à M. Daniel Berthelot et 1 à M. Villard, M. **M. Brillouin** est élu Membre du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*, en remplacement de M. *Violle*, décédé

Par 43 suffrages, contre 2 à M. Lagrange et 1 à M. Abelous, Sir **Charles Scott Sherrington** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de Sir *Patrick Manson*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Sánchez Gerona. *Classificacion y nomenclatura de las especies quimicas*. (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Recherches sur le développement du* Papio (Chœropithecus) porcarius *Bodd* (*Chacma sud-africain*), par R. Anthony et F. Villemin. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° Le fascicule LXVI des *Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Holothuries provenant des campagnes des yachts* Princesse-Alice *et* Hirondelle-II (1898-1915), par Edgard Herouard. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

MM. **Walter S. Adams, Henri Chipart, W. Bell Dawson, Pierre Girard, Pierre Loisel, Marc Tiffeneau** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

GÉOMÉTRIE. — *Le problème du minimum absolu qui se rattache à la réflexion de la lumière sur une surface du second degré.* Note de M. **B. Hostinsky**, présentée par M. Appell.

1. Soit A un point lumineux et AM un rayon, partant de A, qui se réfléchit au point M sur une surface S parfaitement polie.

Désignons par A′ un point qui se meut sur le rayon réfléchi à partir de M. Si A′ est suffisamment voisin du point M, la ligne brisée AMA′ donne le minimum absolu, c'est-à-dire elle est plus courte que toute autre ligne brisée APA′, P étant un point quelconque sur S. Il y a, sur le rayon réfléchi, un point déterminé B, où le minimum absolu cesse d'avoir lieu. En d'autres mots, si le point B se trouve à l'intérieur du segment MA′, il y a, en dehors de la ligne AMA′, une autre ligne APA′ qui est plus courte que la première (P étant toujours un point situé sur S). D'après un théorème général qui a été démontré par Darboux (voir les *Leçons sur la theorie des*

surfaces, t. III, Chap. V) et qui a été appliqué à l'étude du principe de la moindre action dans un cas particulier (voir les travaux de Darboux et de M. Appell dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, 1912) la position du point B est définie par la propriété suivante : On peut trouver sur S un point N tel que, AN étant le rayon incident, NB soit le rayon réfléchi et que la longueur de la ligne brisée ANB soit égale à celle de AMB.

On voit, d'après les propriétés élémentaires de l'ellipse, qu'il y a un ellipsoïde de révolution allongé qui a les points A et B pour foyers et qui touche la surface S en deux points M et N.

La recherche du point B se trouve donc ramenée à la résolution du problème de géométrie suivant :

Étant donnés un point A et une surface S, trouver le lieu d'un foyer d'un ellipsoïde de révolution qui touche S en deux points et dont l'autre foyer coïncide avec A.

2. Si S est une surface du second degré, on peut résoudre ce problème au moyen du théorème suivant qui résulte d'une proposition générale due à Chasles [1] :

« Si deux surfaces S, T du second degré sont tangentes l'une à l'autre en deux points, on pourra associer à toute surface S′ homofocale à S une surface T′ qui lui sera tangente en deux points et qui sera homofocale à T. D'ailleurs les deux plans tangents communs à S′ et à T′ aux deux points de contact se couperont suivant une droite fixe Δ qui est celle qu'on déduirait du premier couple de surfaces. »

Deux points A et B peuvent être regardés comme constituant une surface dégénérée T′ de la seconde classe; les surfaces homofocales à T sont des surfaces de révolution ayant A et B pour foyers. Il résulte immédiatement du théorème précédent que, s'il y a un ellipsoïde de révolution T dont A et B sont les foyers et qui touche la surface donnée S en deux points, les foyers A et B sont situés sur une surface homofocale à S. Or, par le point fixe A passent trois surfaces homofocales à S. Donc le point B doit se trouver sur une de ces trois surfaces.

3. Nous avons vu que, B étant un point situé sur une quelconque des trois surfaces homofocales à S qui passent par A, il y a une surface de révolution du second degré T qui touche S en deux points M, N et dont les foyers sont les points A et B.

---

[1] Voir Darboux, *Sur les théorèmes d'Ivory* (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1870, théorème VI).

Le problème du minimum absolu exige que les deux conditions suivantes soient satisfaites : 1° que les points de contact M, N de la surface T avec S soient réels, et 2° que la surface T soit un ellipsoïde de révolution allongé.

La première de ces conditions peut être exprimée de la manière suivante : S′ étant une surface homofocale à S qui passe par le point A, et B un point sur S′, construisons les deux plans tangents de S′ aux points A et B, et soit Δ leur intersection. Si l'on peut faire passer par Δ deux plans tangents réels de la surface S, les points M et N sont réels.

L'ensemble des deux conditions détermine, sur chacune des trois surfaces homofocales passant par A, les parties qui constituent le lieu du point B.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les séries entières.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Henri Lebesgue.

D'après Weierstrass, une fonction analytique est complètement définie si l'on se donne le développement de Taylor autour d'un point, c'est-à-dire que, pour définir la fonction, il faut et il suffit que l'on donne la suite de coefficients a_n de la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$.

Nous allons voir que si l'on donne des renseignements sur la nature ou sur le nombre des singularités de la fonction correspondante, une suite partielle suffit pour définir la fonction au moins à une fonction entière près, ou bien, si l'on sait moins sur les singularités dans tout le plan, à une fonction de rayon d'holomorphie supérieur à 1 près, en supposant que 1 soit le rayon de convergence de la fonction à définir.

Dans la suite, nous dirons « à E près » au lieu de dire « à une fonction entière près » et « à H près » au lieu de « à une fonction de rayon d'holomorphie supérieur à R près ».

Théorème I. — *Si l'ensemble $\mathcal{E}$ des points singuliers d'une fonction analytique, holomorphe à l'origine, est tel qu'aucune partie de cet ensemble ne soit un continu non borné, alors cette fonction est définie* (*à* E *près*) *par une suite partielle de coefficients :*

$$(1)\qquad a_{n_1}, a_{n_1+1}, \ldots, a_{n_1+k_1};\quad a_{n_2}, a_{n_2+1}, \ldots, a_{n_2+k_2}, \ldots;\quad \ldots;\quad a_{n_i}, a_{n_i+1}, \ldots, a_{n_i+k_i}; \ldots;$$

la suite n_i étant une suite quelconque de nombres entiers positifs, et k_i satisfaisant à la condition

$$(2)\qquad \lim_{i=\infty} \frac{k_i}{n_i} = \infty.$$

THÉORÈME II. — *Si une fonction n'a pas d'autre singularité sur le cercle de convergence de rayon* R, *que les points d'affixes* α_j $(j = 1, 2, \ldots, k)$, *et si elle peut être mise sous la forme*

$$f(x) = \frac{\varphi(x)}{(x-\alpha_1)^{\frac{q_1}{\nu_1}}(x-\alpha_2)^{\frac{q_2}{\nu_2}}\ldots(x-\alpha_k)^{\frac{q_k}{\nu_k}}},$$

q_j, ν_j *étant des entiers positifs liés à* α_j *et* $\varphi(x)$ *étant holomorphe dans un cercle de rayon supérieur à* R, *cette fonction* $f(x)$ *est alors définie (à* H *près)* [1] *par la suite* (1) *en remplaçant la condition* (2) *par*

$$\lim_{i=\infty}[k_i - (2^p - 1)n_i] = \infty, \tag{3}$$

p étant le plus petit multiple commun des nombres $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_k$.

THÉORÈME III. — *Une fonction n'ayant que des pôles sur le cercle de convergence est définie (à* H *près) par la suite* (1) *où l'on remplace la condition* (2) *par*

$$\lim_{i=\infty} k_i = \infty. \tag{4}$$

THÉORÈME IV. — *Si l'ensemble des points singuliers sur le cercle de convergence de rayon* R *d'une fonction est réductible, la fonction est définie (à* H *près) par une suite partielle de coefficients*

$$(\mathrm{L}) \qquad \left\{\begin{array}{lllll} a_{p_1}, & a_{2p_1}, & \ldots, & a_{ip_1}, & \ldots, \\ a_{p_2}, & a_{2p_2}, & \ldots, & a_{ip_2}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ a_{p_j}, & a_{2p_j}, & \ldots, & a_{ip_j}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \end{array}\right.$$

$p_1, p_2, \ldots, p_j$ *étant une suite quelconque de nombres premiers* [2].

THÉORÈME V. — *Si la fonction n'a que m points singuliers sur le cercle de convergence,* 2*m lignes quelconques extraites de* (L) *définissent cette fonction (à* H *près); en particulier, si la fonction admet un seul point singulier sur ce cercle, elle est définie par deux lignes de* (L).

---

[1] Dans ce théorème et dans les suivants on peut remplacer l'expression (à H près) par (à E près) si les conditions pour les singularités sont vérifiées dans un cercle de rayon quelconque.

[2] Dans les théorèmes I et II, l'ensemble des points singuliers était donné par les affixes correspondants, dans les théorèmes III, IV et dans les théorèmes suivants l'existence de cet ensemble suffit, sans qu'il soit nécessaire de donner les affixes.

Si l'on donne les affixes des points singuliers correspondants, on peut remplacer $2m$ *par* m.

Le sens de ces théorèmes devient plus net, si l'on rappelle le théorème de M. Borel, d'après lequel, étant donnée une série de Taylor dont le cercle de convergence ait un rayon fini, en général, la fonction qu'elle représente admet le cercle de convergence comme coupure.

En effet, dans tous les théorèmes que nous venons d'indiquer, les coefficients a_{n_j} qui n'entrent pas dans la suite qui définit la fonction *sont fonctions des coefficients qui forment cette suite et de* n_j.

Il faudrait aussi comparer les théorèmes ci-dessus aux théorèmes connus permettant de constater que la série $\sum_{n=0}^{\infty} g(n)x^n$ admet un seul point singulier si $g(z)$ est une fonction spéciale.

THÉORÈME VI. — *Si l'on peut extraire de la suite* λ_n *de nombres entiers positifs, une suite partielle*

$$\lambda_{n_1}, \quad \lambda_{n_2}, \quad \ldots, \quad \lambda_{n_i}, \quad \ldots$$

telle que

$$\lim_{i=\infty}(\lambda_{n_i+1} - \lambda_{n_i}) = \infty, \tag{1}$$

la série

$$\varphi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n},$$

dont le rayon de convergence est l'unité et dont les coefficients sont entiers, admet le cercle de convergence comme coupure.

Rappelons que, lorsque les a_n sont quelconques, le cercle de convergence est une coupure, d'après le théorème Hadamard-Fabry, si *tous* les λ_n jouissent de la propriété (1).

Je démontre ce dernier théorème en tenant compte d'un théorème de M. Carlson et d'un théorème que j'ai démontré ailleurs.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une classe* ($\mathcal{L}$) *soit une classe* ($\mathcal{D}$) (1). Note de MM. **Paul Alexandroff** et **Paul Urysohn**, présentée par M. Henri Lebesgue.

C'est M. Fréchet qui a le premier formulé explicitement (2) le problème d'indiquer les conditions pour qu'une classe ($\mathcal{L}$) soit une classe ($\mathcal{D}$), c'est-à-dire pour qu'on puisse déterminer dans une classe ($\mathcal{L}$) une distance telle que les relations limites auxquelles elle donne naissance soient identiques à celles qui étaient définies d'avance. Ce problème auquel plusieurs auteurs (MM. Hedrick, Fréchet, Chittenden, Moore, Victoris, Urysohn, Alexandroff) ont déjà apporté des contributions importantes en le résolvant dans des cas particuliers, est équivalent au problème suivant : *quelles sont les conditions pour qu'un espace topologique* (3) *soit un espace métrique?* En effet, tout espace métrique peut être regardé comme un espace topologique et comme une classe ($\mathcal{L}$) [même comme une classe ($\mathcal{S}$)] et l'on peut indiquer facilement les conditions pour qu'un espace topologique soit une classe ($\mathcal{L}$) et *vice versa* (4).

(1) Une classe ($\mathcal{L}$) est une classe où la limite est définie (M. Fréchet, *Palermo Rend.*, 1906). Elle sera dite ($\mathcal{S}$) *si tout ensemble dérivé y est fermé.* Une classe ($\mathcal{E}$) est une classe dans laquelle on a défini un *écart*, c'est-à-dire une fonction

$$\rho(x, y) = \rho(y, x) \geqq 0,$$

qui ne s'annule que pour $x = y$. La classe sera dite ($\mathcal{E}_r$) si l'écart est *régulier*, c'est-à-dire s'il existe une fonction $f(t)$ telle que les relations $\rho(x, y) < t$ et $\rho(y, z) < t$ entraînent $\rho(x, z) < f(t)$. La *distance* définissant une classe ($\mathcal{D}$) est un écart régulier vérifiant l'inégalité plus restrictive $\rho(x, z) \leqq \rho(x, y) + \rho(y, z)$. M. Hausdorff appelle les classes ($\mathcal{D}$) *espaces métriques*. On doit à M. Chittenden (*Trans. Am. Math. Soc.*, t. **18**, 1917, p. 161) l'important résultat que *toute classe* ($\mathcal{E}_r$) *est une classe* ($\mathcal{D}$).

(2) *Trans. Am. Math. Soc.*, t. **19**, 1918, p. 55; d'ailleurs M. Fréchet s'est déjà occupé de ce problème en 1913 (*Trans. Am. Math. Soc.*, t. **14**, 1913, p. 320).

(3) Hausdorff, *Grundzüge der Mengenlehre*, Leipzig, 1914, Kap VII, § 1.

(4) Par exemple, pour qu'une classe ($\mathcal{L}$) soit un espace topologique il faut et il suffit que les trois conditions suivantes soient remplies :

1° C'est une classe ($\mathcal{S}$).

2° Il existe pour tout couple d'éléments deux *domaines* (= ensembles complémentaires à des ensembles fermés) sans éléments communs qui contiennent respectivement les deux éléments donnés.

3° Si toute suite partielle σ_1 d'une suite σ contient une sous-suite σ_2 qui converge vers l'élément a, alors la suite totale σ converge vers le même élément a.

Définitions. — I. Soit $\{V_n\}$ une *suite* de *domaines* dont chacun contient le point ξ; nous dirons qu'elle *détermine* ce point dans l'espace topologique donné E si chaque domaine G contenant ξ contient au moins un domaine V_n.

II. Nous dirons qu'un système Π de domaines *recouvre* l'espace E si chaque point ξ de E appartient à un au moins des domaines du système Π.

III. Soient Π_1 et Π_2 deux systèmes de domaines dont chacun recouvre E; nous dirons que Π_2 est *inscrit* dans Π_1 si à tout couple V_2 et W_2 de domaines de Π_2 ayant des points communs, correspond un domaine V_1 de Π_1 qui les contient tous les deux.

IV. Soit $\{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots\}$ une suite de systèmes recouvrant l'espace; nous dirons que c'est une *chaîne complète* si la condition suivante est vérifiée : *soient* ξ *un point quelconque de* E *et* $V_1, V_2, \ldots, V_n, \ldots$ *des domaines contenant* ξ *et appartenant respectivement à* $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n \ldots$; *dans ce cas la suite* $\{V_n\}$ *détermine le point* ξ *dans* E.

V. Une chaîne complète $\{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots\}$ sera dite *régulière* si, pour tout n, Π_{n+1} est inscrit dans Π_n.

THÉORÈME. — *Pour qu'un espace topologique puisse être considéré comme un espace métrique, il faut et il suffit qu'il y existe une chaîne complète régulière.*

Démonstration. — Pour voir la nécessité de cette condition, il suffit d'appeler Π_n le système formé de toutes les *sphères* de rayon 2^{-n} [une sphère de centre x et de rayon ε étant, par définition, l'ensemble des points y tels que $\rho(x, y) < \varepsilon$].

Montrons maintenant qu'un espace topologique E admettant une chaîne complète $\{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots\}$ est une classe $(\mathcal{E})$. x et y étant deux points arbitraires de E, nous définissons leur écart $\rho(x, y)$ comme il suit : s'il n'existe aucun domaine de Π_1 qui les contient tous les deux, nous posons $\rho(x, y) = 1$; dans le cas contraire, soit n le premier entier tel qu'aucun domaine de Π_{n+1} ne contienne ces deux points simultanément : nous poserons alors $\rho(x, y) = 2^{-n}$. Il s'agit de démontrer que cet écart ne modifie pas les relations limites, c'est-à-dire que :

1° A tout point ξ de E et à tout nombre $\varepsilon > 0$, il correspond un domaine G contenant ξ dont tous les points x satisfont à l'inégalité $\rho(\xi, x) < \varepsilon$. En effet, soit n le premier entier tel que $2^{-n} < \varepsilon$, et soient $V_1, V_2, \ldots, V_n$ des domaines appartenant respectivement à $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n$ et contenant chacun le point ξ; il suffit de désigner par G leur partie commune;

2° A tout point ξ de E et à tout domaine G contenant ξ, il correspond un $\varepsilon > 0$ tel que tout point x satisfaisant à $\rho(\xi, x) < \varepsilon$ est situé dans G. En effet, il existerait dans le cas contraire des points x étrangers à G tels que $\rho(\xi, x)$ serait arbitrairement petit; il y aurait donc, dans chaque Π_n, au moins un domaine V_n contenant ξ sans être contenu dans G : ce qui est en contradiction avec la définition des chaînes complètes.

Or si la chaîne complète est régulière, les deux inégalité $\rho(x, y) \leq 2^{-n}$ et $\rho(y, z) \leq 2^{-n}$ entraînent évidemment $\rho(x, z) \leq 2^{-(n-1)}$, c'est-à-dire que l'écart est régulier; donc, d'après le théorème de M. Chittenden, E est un espace métrique. C. Q. F. D.

NOTE SUPPLÉMENTAIRE. — M. Fréchet a eu l'obligeance de nous communiquer que la condition pour qu'une classe ($\mathcal{L}$) soit ($\mathcal{D}$) peut être énoncée d'une manière bien plus simple que celle qu'on obtient en se servant des espaces topologiques. En effet, notre théorème relatif à ces espaces (de même que la démonstration ci-dessus) s'applique aussi *directement* aux classes ($\mathcal{S}$), vérifiant la condition 3° (voir la note n° 4) et même, plus généralement, aux classes ($\mathcal{H}$).

RELATIVITÉ. — *Sur le problème intérieur dans le cas d'un espace-temps courbe à symétrie sphérique.* Note de M. G. **Darmois**.

Le problème extérieur, résolu de façon indépendante par divers auteurs (¹), admet, comme on sait, la solution suivante, où α, λ sont deux constantes :

$$(1) \qquad ds^2 = U_4^2\, dx_4^2 - dx_1^2 - U_2^2\,[dx_2^2 + \sin^2 x_2\, dx_3^2],$$

$$dx_1 = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\lambda}{3} r^2}}, \qquad U_4^2 = 1 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\lambda}{3} r^2, \qquad U_2^2 = r.$$

Le problème intérieur du ds^2 de Schwarzschild a été résolu dans un cas spécial par Schwarzschild lui-même, puis généralisé par M. Brillouin. La solution générale de Brillouin et T. de Donder a été retrouvée très simplement par Haag.

Le problème intérieur, dans le cas nouveau où $\lambda \neq 0$, a été résolu par M. Maurice Nuyens (²) avec les méthodes de M. de Donder. Haag a montré que son élégante solution s'appliquait encore (³).

La solution de Schwarzschild a provoqué d'intéressantes observations et des critiques d'Eddington (⁴).

Ces observations, qui paraissent justifiées, enlèvent aux résultats de Schwarzschild une partie de leur signification physique. En particulier, pour le cas de grosses sphères matérielles, Eddington estime que les conclu-

(¹) Weyl, Eddington, Chazy.

(²) *Comptes rendus*, 14 mai 1923.

(³) *Comptes rendus*, 28 mai 1923.

(⁴) *The mathematical theory of relativity*, p. 169-170.

sions ne sont plus fondées. Ces critiques s'appliquent aux solutions dont nous venons de parler.

Il est remarquable que le problème intérieur admette une solution très simple, on peut dire très connue. Pour retrouver cette solution, nous prendrons le tenseur matériel sous la forme $T^{\alpha\beta} = \rho_0 u^\alpha u^\beta$, l'invariant $T = \rho_0$ étant une constante pour un fluide incompressible. Nous supposerons, pour la solution qui va suivre, ρ_0 constant.

Pour plus de netteté, partons du problème intérieur. Adoptons d'abord comme coordonnées d'espace les trois constantes d'une ligne de courant, pour coordonnée dans le temps l'intervalle x_4 compté le long d'une de ces lignes. La forme fondamentale est alors

$$dx_4^2 + 2g_{i4}\,dx_i\,dx_4 + g_{\lambda\mu}\,dx_\lambda\,dx_\mu \qquad (i, \lambda, \mu = 1, 2, 3).$$

Les g_{i4} sont, dans le cas général, indépendants de x_4. Les $g_{\lambda\mu}$ en dépendent. Mais nous chercherons une solution particulière pour laquelle $g_{i4} = 0$, les $g_{\lambda\mu}$ ne dépendant pas de x_4. Dans ces conditions, une solution très simple est celle d'Einstein :

$$(2) \qquad dx_4^2 - dx_1^2 - R^2 \sin^2\frac{x_1}{R}\left[dx_2^2 + \sin^2 x_2\,dx_3^2\right] \qquad \left(\frac{1}{R^2} = \frac{\varkappa\rho_0}{2}\right),$$

$\varkappa$ étant la constante ordinaire des équations de la gravitation d'Einstein.

On envisage d'ordinaire cette solution comme s'étendant au domaine complet de variabilité de $x_1 x_2 x_3$, qui peut s'obtenir en faisant varier x_3 de 0 à 2π, x_2 de 0 à π, $\frac{x_1}{R}$ de 0 à π. C'est ce qu'on appelle l'univers d'Einstein.

Les courbes où x_1 varie seul sont des géodésiques dans l'espace, normales aux sphères géodésiques $x_1 = \text{const.}$ dont les deux centres sont $x_1 = 0$, $x_1 = R\pi$.

Ne considérons que la portion d'espace entourant le point $x_1 = 0$, et limitée par $x_1 = a$ et supposons que la matière soit limitée à cette portion. Le prolongement du ds^2 intérieur par un ds^2 extérieur est alors bien déterminé. Il est naturel de penser que ce prolongement fournit un ds^2 de la forme (1).

En effet, si l'on s'impose les conditions de continuité des potentiels et de leurs dérivées premières par rapport à la variable x_1, distance géodésique normale à l'espace de séparation, on trouve les conditions nécessaires et suffisantes

$$\lambda = \frac{1}{R^2}, \qquad \alpha = \frac{2}{3} R \sin^3\frac{a}{R}, \qquad r_0 = R \sin\frac{a}{R}.$$

La fonction U_4 prenant à la frontière la valeur $\cos^2\frac{a}{R}$, il faut, à la vérité, pour la continuité de g_{44}, introduire le facteur constant $\cos^2\frac{a}{R}$, de sorte qu'avec nos variables de surface x_2, x_3, x_4 et la distance géodésique x_1, on a

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2}{3}\,\frac{R\sin^3\frac{a}{R}}{r} - \frac{r^2}{3R^2}\right)\frac{dx_4^2}{\cos^2\frac{a}{R}} - \frac{dr^2}{1 - \frac{2}{3}\,\frac{R\sin^3\frac{a}{R}}{r} - \frac{r^2}{3R^2}} - r^2[dx_2^2 + \sin^2 x_2\, dx_3^2],$$

$$dx_1 = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{2}{3}\,\frac{R\sin^3\frac{a}{R}}{r} - \frac{r^2}{3R^2}}}.$$

Cette solution n'introduit que des éléments invariants. Elle semble échapper aux justes critiques d'Eddington.

La variable r varie de r_0 à la racine la plus grande r_1 de la quantité sous le radical, l'autre racine positive r_2 est plus petite que r_0.

Si $\frac{a}{R}$ croît de o à $\frac{\pi}{2} - \varepsilon$, les deux racines r_1 et r_2 s'approchent de r_0.

Peut-être doit-on espérer trouver là une réponse à la question d'Eddington, car la limite de l'espace extérieur s'approche de la frontière de la sphère quand a est voisin de $\pi\frac{R}{2}$, mais l'interprétation physique de ces résultats mathématiques simples demeure sans doute assez complexe.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les cavitations et la résistance des fluides.* Note (¹) de M. D. **Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

La théorie de la résistance des fluides basée sur la formation de surfaces de glissement a été sévèrement critiquée de différents points de vue. On avait remarqué depuis bien longtemps que les pressions négatives invoquées par Helmholtz pour motiver la naissance des surfaces de glissement, ne sauraient justifier l'apparition d'une plage indéfinie d'eau morte derrière un solide qu'on met en mouvement — l'énergie cinétique d'une pareille plage d'eau morte étant infiniment grande. On ne considère donc généralement de pareils mouvements que comme un schéma qui représente plus ou moins

(¹) Séance du 6 décembre 1923.

bien les mouvements des fluides naturels dans le voisinage des solides. Ce schéma a rendu de grands services et c'est en l'utilisant que M. H. Villat a été conduit à la belle découverte que le problème du mouvement d'un courant fluide en présence d'un obstacle peut comporter des solutions multiples.

Tout en constatant l'insuffisance de *la théorie des surfaces de glissement s'étendant à l'infini*, on n'était pas parvenu à lui opposer une autre théorie plus satisfaisante, permettant d'exprimer et d'étudier, en gardant comme base l'hydrodynamique rationnelle, le mouvement des fluides autour de solides dans le cas où la pression s'annule.

Dans ma Note du 23 avril 1923, j'ai exposé une théorie de la résistance des fluides basée sur la formation de cavitations [1]. Cette théorie permet d'exprimer d'une façon assez satisfaisante les mouvements qu'on observe dans le voisinage des solides et à échapper au paradoxe de d'Alembert. Les cavitations que je considère [2] possèdent une durée et une énergie d'expansion déterminées et peuvent se détacher du solide. Je nomme *énergie d'expansion d'une cavitation*, dans un liquide non soumis à des forces agissant sur l'unité de masse, le produit du volume maximum v_0 de la cavitation par la pression p_0 agissant sur la surface limitant le liquide extérieurement. La contraction complète de cette cavitation peut déterminer une dissipation d'énergie $p_0 v_0$.

Dans le cas le plus simple d'une cavitation, celle qui serait produite dans un liquide par la dilatation ou la contraction d'une sphère, le rayon maximum R_0 de la cavitation, la durée t_0 de sa contraction complète, lorsque celle-ci peut avoir lieu, et l'énergie d'expansion T s'expriment comme suit :

$$R_0 = R\left[\frac{3}{2}\,\frac{\rho}{p_0}\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + 1\right]^{\frac{1}{3}},$$

$$t_0 = R_0\sqrt{\frac{3}{2}\,\frac{\rho}{p_0}}\,\sqrt[3]{2}\,\zeta(\omega_2;\, 0,\, 1) = 0{,}916\,R_0\sqrt{\frac{\rho}{p_0}},$$

$$T = \frac{4}{3}\pi p_0(R_0^3 - R^3) = 2\pi\rho R^3\left(\frac{dR}{dt}\right)^2;$$

---

[1] Dans une communication que j'ai faite le 27 juin au Congrès International Aéronautique à Londres, j'ai décrit un appareil pour l'étude expérimentale quantitative des cavitations.

[2] Si, dans le cas d'un mouvement plan, le fluide s'étend à l'infini et la somme des intensités des sources n'est pas nulle, l'énergie cinétique du fluide est infinie. Comme nous avons en vue les applications aux mouvements à trois dimensions ou à des masses fluides occupant des volumes finis, nous pouvons, en général, ne pas tenir compte de cette circonstance.

R est le rayon de la sphère à l'instant où le fluide se détache de cette dernière. Pour que le décollement se produise, il faut que l'accélération $\frac{d^2R}{dt^2}$ vérifie l'inégalité

$$\frac{d^2R}{dt^2} < -\frac{p_0}{\rho}\frac{R_0^3}{R^4},$$

ρ est la densité du fluide et p_0 la pression sur la surface limitant le liquide à l'infini.

L'intensité des couches tourbillonnaires qui tapissent les parois et s'enroulent en spirale autour des cavitations produites par la mise en mouvement de solides, dans les fluides visqueux adhérents aux parois, sera, en général, considérable, vu que les vitesses du fluide, dans le voisinage des cavitations, sont nécessairement très grandes et que les tourbillons peuvent apparaître sur les parois du solide, comme l'a démontré M. J. Boussinesq (1), dès l'origine du mouvement. Ces mouvements peuvent être traités, en première approximation, comme étant produits par des sources-tourbillons (2).

Dans les gaz c'est une variation locale de la densité et l'influence de la viscosité qui, agissant simultanément, déterminent l'apparition de sources-tourbillons (3). La formation de cavitations permet d'expliquer la remarquable analogie qui existe entre les mouvements des liquides et ceux des fluides compressibles autour de solides à arêtes vives (4).

---

(1) *Comptes rendus*, 29 mars 1880.

(2) *Comptes rendus*, 23 avril 1923.

(3) Communication faite au Congrès International Aéronautique à Londres.

(4) Il serait très important d'étudier expérimentalement, d'une façon systématique, la question de la dissipation de l'énergie dans les fluides. La puissance calculée d'après les vitesses mesurées dans une section de la veine fluide produite par une hélice fonctionnant au point fixe, peut ne représenter approximativement que la moitié du travail dépensé par seconde effectivement (*Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. II, p. 35; fasc. VI, p. 82; Gauthier-Villars). On peut obtenir des indications utiles sur la formation des cavitations en mesurant l'inertie additive de solides à arêtes vives mis brusquement en mouvement ou animés d'un mouvement vibratoire. En étudiant la mise brusque en mouvement relatif d'un disque immergé dans l'eau, j'ai trouvé une inertie additive approximativement deux fois plus grande que celle que l'on calcule en supposant qu'il ne se forme pas de cavitations (*Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. III, p. 5-17; fasc. VI, p. 84).

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1923 *c* (*Reid*), *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. P. **Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1923.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	ΔD.	Nombre de compar.	Ascens. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
Déc. 6....	6h51m33s	−0m33s,28	+2'21",2	9:6	22h53m56s,30	9,020	114°8'41",2	0,916$_n$	*a*

Positions de l'étoile de comparaison pour 1923,0.

★.	Gr.	Ascens. droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorité.
a..............	8,4	22h54m27s,36	+2s,22	114°6'31",2	−11",2	Cordoba A, 15461

Remarques. — La comète, de 12e,5 à 13e grandeur, apparaît comme une petite nébulosité floue, de 20" au plus de diamètre, sans noyau bien défini. Les mesures sont pénibles. Pour notre latitude, l'aspect de cet astre est certainement modifié, étant donné sa proximité d'un horizon légèrement brumeux.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les courants superficiels de la mer Polaire du Nord.* Note de M. J. **Schokalsky.**

Les nombreuses dérives qui ont eu lieu dans la partie de la mer Polaire du Nord le long de la côte de Sibérie ne laissent aucun doute sur l'existence d'un courant superficiel dans cette moitié de la mer Polaire.

Il reste à savoir quels sont les courants superficiels dans la partie de la mer Polaire avoisinant les côtes de l'archipel américain.

On a émis l'idée que le courant superficiel, marchant de l'Est à l'Ouest le long de la plate-forme continentale de l'Eurasie, doit continuer sa marche à l'Ouest en longeant la plate-forme continentale américaine. Ainsi, selon les vues de certains auteurs, il existe dans la mer Polaire un courant superficiel anticyclonique.

Les observations que nous possédons sur le régime des glaces côtières et flottantes nous obligent d'être d'un avis contraire.

Durant l'hiver il existe une différence marquée entre les glaces côtières et celles au large de la mer. Le premier (le pripaj côtier) est soudé à la côte et le long de la côte d'Asie atteint une largeur considérable. Les voyageurs russes (Gedenström, Anjou, Wrangel) ont parcouru ces espaces

du pripaj à différents endroits en différentes années et ont toujours trouvé qu'à une certaine distance des côtes il existe une brisure (polynija) au delà de laquelle les glaces sont en mouvement continuel. Les dérives de la *Jeannette*, du *Fram*, des balises Melvile-Bryant, du *Karluk*, le prouvent indiscutablement. Le sens de cette dérive est de l'Est vers l'Ouest.

On a voulu expliquer l'existence de cette brisure (polynija) par l'effet thermique d'une branche du courant atlantique contournant le Spitzberg. Mais les observations du *Fram* et la position du bord de la plate-forme continentale démontrent que cette branche du courant chaud ne peut pas se rencontrer dans les parages de la brisure des glaces (polynija).

Dans la partie de la mer Polaire avoisinant l'archipel américain, nous possédons seulement les données recueillies par feu R. Peary, lequel rencontra trois fois pendant qu'il tentait d'atteindre le pôle (en 1902, latit. 84° 17'; en 1906, latit. 85°; en 1909, presque à la même latitude), une polynija qui existe entre le pripaj côtier et les glaces dérivant ici vers l'Est.

Ces observations démontrent que, le long de l'archipel américain, la dérive des glaces marche vers l'Est, c'est-à-dire vers le même et unique détroit qui rattache la mer Polaire à l'Atlantique entre le Groenland et le Spitzberg.

Les faits exposés démontrent que, sur toute l'étendue de la mer Polaire, il existe à une certaine distance des côtes un mouvement de dérive des glaces et partant des courants superficiels se dirigeant vers le détroit Groenland-Spitzberg.

C'est à ce mouvement des glaces au large de la mer Polaire que sont dues les brisures entre les glaces côtières (le pripaj) et les glaces en mouvement continuel, par conséquent la cause de l'existence de ces brisures de glaces est dynamique et point thermique (la dernière ne pourrait point être invoquée pour expliquer la polynija américaine).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la rotation spontanée de la décharge électrique.* Note de M. **C.-E. Guye**, présentée par M. Villard.

Dans une précédente Note, relative à la rotation électromagnétique de la décharge [1], nous avons représenté la vitesse v de rotation de la conducti-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1104.

bilité et la vitesse v_0 d'entraînement du gaz par les relations

$$v = \frac{\varepsilon H}{12\pi\sigma^2 M m}, \tag{1}$$

$$v_0 = \frac{N}{M - N} \frac{\varepsilon H}{4\pi\sigma^2 M m}, \tag{2}$$

la vitesse observée étant la somme de ces deux vitesses.

Nous avons montré en outre que la rotation peut être provoquée spontanément même par un champ magnétique très faible, lorsque l'ionisation du gaz est suffisante.

Mais cette dernière rotation une fois amorcée, sa vitesse n'est nullement représentée par la somme des expressions précédentes. Elle correspond à un phénomène électrodynamique qui paraît avoir son siège dans le circuit même et dont la condition est, à notre avis, *une dissymétrie produite accidentellement et entretenue par le fonctionnement même de la décharge*, le sens de la rotation étant déterminé par la dissymétrie initiale. Il semble que l'on se trouve alors dans le cas d'un circuit déformable dont la surface tendrait à croître indéfiniment.

A l'appui de cette manière de voir, il convient de citer les faits suivants établis dans un travail antérieur en collaboration avec M. A. Rothen [1] :

1° On peut indifféremment provoquer la rotation spontanée dans un sens ou dans l'autre par une impulsion d'une durée de quelques secondes donnée à la décharge par un champ magnétique extérieur H.

2° En valeur absolue et toutes conditions égales, la vitesse de rotation est la même dans les deux sens; elle n'est pas changée si l'on a soin d'annuler entièrement le champ terrestre par une bobine compensatrice.

3° On ne peut annuler la rotation spontanée en lui opposant un champ extérieur H convenable. Bien avant que ce champ ait atteint la valeur qui, d'après la formule (1), devrait donner à la décharge une vitesse égale et de signe contraire, la décharge change brusquement de sens et persiste à tourner dans ce sens, après suppression du champ extérieur.

4° Enfin, lorsqu'on ajoute à la rotation spontanée l'action d'un champ magnétique agissant dans le même sens, la vitesse observée est approximativement, pour de faibles intensités, la somme de celle qui correspond à la formule (1) et de la vitesse de rotation spontanée.

En résumé, la rotation spontanée semble bien correspondre à un phéno-

---

[1] C.-E. Guye et A. Rothen, *Archives des Sciences physiques et naturelles*, septembre-octobre 1921.

mène électrodynamique ayant son siège dans le circuit même, bien qu'elle puisse être provoquée par des causes extérieures, telles que courant d'air et champ magnétique. Elle ne se produit toutefois que dans certaines conditions.

N. B. — Comme complément à cette Note et à celle du 26 novembre dernier, nous donnons ci-après la démonstration de la formule (2).

Supposons que la décharge s'effectue selon l'axe des y et la rotation suivant l'axe des x. La force qu'exerce le champ magnétique H sur l'ion positif de charge ε et de masse m est donnée par la relation

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \varepsilon \mathrm{H}\frac{dy}{dt},$$

et l'impulsion que recevront, entre deux chocs, l'ensemble des N ions positifs contenus dans l'unité de volume sera dans la direction de la rotation

$$\mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\int_0^\theta \frac{dy}{dt}dt = \mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\lambda,$$

λ désignant le libre parcours moyen de l'ion entre deux chocs.

Par suite des chocs moléculaires, cette impulsion se répartira sur l'ensemble des molécules de la masse gazeuse qui prendra une vitesse d'ensemble v_1, déterminée par la relation

$$\mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\lambda = m\mathrm{M}v_1,$$

M désignant le nombre des molécules ionisées ou non, contenues dans l'unité de volume.

A chaque nouveau choc, une nouvelle quantité de mouvement sera communiquée à la masse gazeuse, dont la vitesse irait constamment en augmentant si les forces retardatrices résultant de son mouvement (viscosité) n'y faisaient obstacle.

Le mouvement de la masse gazeuse deviendra uniforme lorsque la quantité de mouvement totale que possèdent les ions à la fin de leur libre parcours sera absorbée par les forces retardatrices, qui agissent sur la masse totale $m\mathrm{M}$ du gaz et cela dans le temps θ correspondant à la durée de ce libre parcours.

Nous aurons alors

$$\mathrm{N}mv_0 + \mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\lambda = \mathrm{M}mv_0.$$

On en déduit, en remplaçant λ par la valeur $\frac{1}{4\pi\sigma^2\mathrm{M}}$,

$$v_0 = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{M}-\mathrm{N}}\frac{\varepsilon\mathrm{H}}{4\pi\sigma^2\mathrm{M}m}.$$

Il est aisé de démontrer que la quantité de mouvement, communiquée aux électrons, est égale à celle que recevront dans le même temps les ions positifs. Si cette quantité de mouvement était susceptible de se communiquer entièrement au gaz, la vitesse v_0 d'entraînement serait alors doublée; mais ce serait là, ainsi que nous l'avons dit, une

limite supérieure. Il importe de remarquer que les quantités de mouvement communiquées dans le même temps aux ions et aux électrons dans le sens de l'axe des y (décharge) sont égales et de signe contraire, alors qu'elles sont égales et de même signe dans le sens de l'axe des x (rotation).

SPECTROSCOPIE. — *Sur les rapports des raies ultimes et des raies de résonance dans les spectres qui comprennent plusieurs systèmes de séries.* Note de M. F. **Crozé**, présentée par M. A. Cotton.

D'après la plupart des Ouvrages et Mémoires relatifs aux séries spectrales [1], les raies de résonance des spectres d'émission des éléments seraient aussi les raies caractéristiques des spectres d'absorption et les raies ultimes de ces éléments.

Dans une Note présentée à l'Académie par le regretté M. de Gramont, le 4 décembre 1922, j'ai fait remarquer que si cette opinion correspond bien à la réalité des faits observés sur les spectres d'arc des corps de la colonne I du Tableau périodique, lesquels spectres ne contiennent qu'un seul système de séries, elle est en désaccord avec les observations relatives aux spectres d'arc des corps de la colonne II. Dans ces derniers spectres, qui contiennent deux systèmes de séries : un système de séries de raies simples dont la série principale est représentée, avec les notations de Sommerfeld et de Paschen, par le symbole $1\,\mathrm{S} - m\mathrm{P}$ ($m = 2, 3, 4, \ldots$), et un système de séries de triplets, dont la série principale est représentée par la formule $1s - mp_i$ ($i = 1, 2, 3$), la raie de résonance est toujours la raie $1\,\mathrm{S} - 2p_2$, qui correspond au retour de l'électron spectral, de l'orbite caractérisée par la valeur du terme $2p_2$, à l'orbite caractérisée par le terme $1\,\mathrm{S}$, sur laquelle se trouve cet électron dans l'état normal de l'atome. Dans ces spectres, en effet, les orbites $2p$ sont, parmi toutes les orbites stationnaires de Bohr, celles dont les niveaux énergétiques sont les moins élevés au-dessus de celui de l'orbite normale $1\,\mathrm{S}$.

Dans ces spectres cependant la raie ultime, qui est aussi la raie la plus forte du spectre d'absorption de la vapeur de l'élément pris à l'état normal, est toujours la première raie $1\,\mathrm{S} - 2\mathrm{P}$ de la série principale du système des séries de raies simples, bien que le niveau énergétique de l'orbite $2\mathrm{P}$ soit supérieur à celui de l'orbite $2p_2$. Tout se passe donc comme si, toutes

---

[1] A. Sommerfeld, *Atombau und Spectrallinien*, 3e édition, 1922. — F.-D. Foote and F.-L. Mohler, *The origin of Spectra*, 1922. — C.-C. Kiess, *Scient. Pap. Bur. of Standards*, n° 474, 1923.

choses pareilles d'ailleurs, le passage d'un électron d'une orbite stationnaire à une autre se produisait plus aisément, quand ces deux orbites correspondent à des termes qui appartiennent à un même système de séries.

Les travaux récents de Catalan [1] et de Kiess [1] sur la structure des spectres d'arc du chrome, du molybdène et du manganèse permettent d'affirmer à présent que *les raies de résonance des éléments dont les spectres d'arc comprennent plusieurs systèmes de séries ne sont les raies ultimes et les raies caractéristiques des spectres d'absorption de ces éléments que si leurs fréquences correspondent à des combinaisons entre des termes qui appartiennent à un même système de séries.*

C'est précisément ce qui arrive dans le cas des spectres d'arc du chrome et du molybdène, éléments qui appartiennent tous les deux à la colonne VI du Tableau périodique. Ces deux spectres contiennent, outre des groupements complexes appelés multiplets, deux systèmes de triplets larges, dont les séries principales sont représentées respectivement par les formules $1s - mp_i^a$ $(i = 1, 2, 3)$ et $1s - mp_i^b$ $(i = 1, 2, 3)$, et un système de triplets étroits dont la série principale est représentée par $1S - mP_i (i = 1, 2, 3)$.

Dans chacun d'eux, les orbites stationnaires se rangent comme il suit dans l'ordre des valeurs croissantes des niveaux énergétiques : $1s$, $1S$, $2p_i^a$, $2P_i$, $2p_i^b$. Les raies de résonance sont celles du triplet $1s - 2p_i^a$ (Cr λλ 4254,33; 4274,80; 4289,72; Mo λλ 3902,97; 3864,12 ; 3798,26), la combinaison $1s - 1S$ étant impossible d'après la règle de sélection de Bohr. Ce sont celles qui sont notées comme raies ultimes dans les Tables de M. de Gramont; les raies données comme les plus persistantes après celles-là étant les raies des triplets $1S - 2P_{123}$ et $1s - 2p_{123}^b$; elles correspondent toutes à des passages de l'électron d'une orbite à une autre orbite d'un même système. Les raies $1s - 2P_i$, $1S - 2p_i^a$, $1S - 2p_i^b$ qui résultent de combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents ne sont pas persistantes.

Le spectre du manganèse a une structure analogue à celle des spectres précédents; il comprend, avec de nombreux multiplets, un système de triplets larges et deux systèmes de triplets étroits, dont les séries principales sont représentées respectivement par les formules $1s - mp_i$ (triplets larges), $1S - mP_i^a$ et $1S - mP_i^b$. Les termes des niveaux énergétiques croissants

---

[1] CATALAN, *Phil. Trans.*, A., t. 227, 1922, p. 127; *Annales de la Soc. espanol. de Fisica*, t. 21, 1923, p. 84 et 213. — KIESS, *Scient. Pap. of Bur. of Standards*, n° 474, 1923.

se rangent dans l'ordre suivant : 1 S, $2p_i$, $2P_i^a$, $2P_i^b$, 1 s, etc. Les raies de résonance sont ici les raies 1 S — $2p_2$ et 1 S — $2p_3$, la combinaison 1 S — $2p_1$ étant interdite d'après les règles de sélection de Sommerfeld et Landé ; ces raies qui correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents, ne sont pas données comme persistantes par M. de Gramont ; elles n'ont pu être observées par Grotrian [1] dans le spectre d'absorption de la vapeur de manganèse, dans des conditions où les raies du triplet 1 S — $2P_{123}^a$, qui sont, d'après M. de Gramont, les raies ultimes du spectre d'arc du manganèse, apparaissent au contraire très fortes.

Les raies de résonance, qui correspondent au retour de l'électron spectral vers l'orbite normale de l'atome, à partir de l'orbite qui a le niveau énergétique le moins élevé parmi celles dont il peut revenir sans violer les règles de sélection de Bohr et de Landé, ne sont donc pas celles qui, dans dans tous les cas, ont le plus de chances d'être produites dans une source lumineuse, quand l'énergie appliquée à chaque atome est capable de porter l'électron spectral sur des orbites de niveaux plus élevés. La probabilité des passages de l'électron spectral d'une orbite stationnaire à une autre ne peut donc pas être déterminée uniquement à partir du niveau énergétique de ces orbites. Pour déterminer *a priori* cette probabilité, il faudrait étudier la stabilité dynamique des atomes et des trajectoires possibles des électrons qui entrent dans leur constitution. Cette étude est à peine commencée et les résultats obtenus récemment dans le cas simple de l'atome d'hélium ne sont guère encourageants. Mais à défaut d'une étude théorique, les observations sur l'ultime persistance des raies dans les spectres d'émission et sur leur première apparition dans les spectres d'absorption permettent déjà d'affirmer que, parmi les termes qui entrent dans les formules des séries, ceux qui appartiennent à un même système de séries correspondent à des orbites entre lesquelles le passage est plus probable qu'entre les orbites qui correspondent à des termes appartenant à des systèmes de séries différents. Cette conclusion, qui était la base de ma Note du 2 décembre 1922, a été depuis nettement admise par Bohr et rattachée aux principes de sa théorie [2].

---

(1) W. GROTRIAN, *Zeits. für Phys.*, t. 18, 1923, p. 169.
(2) N. BOHR, *Ann. de Phys.*, t. 71, 1923, p. 223.

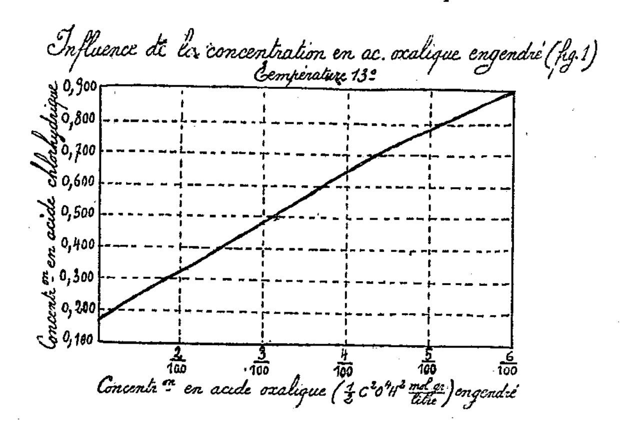
CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude expérimentale de l'équilibre du système oxalate de calcium-acide chlorhydrique étendu.* Note de MM. **É. Carrière** et **M. Auméras**, présentée par M. Haller.

Ostwald a mis en évidence que l'action de l'acide chlorhydrique sur l'oxalate de calcium en excès, correspondait à un état d'équilibre [1] représenté par l'équation

$$C^2O^4Ca + 2HCl \rightleftharpoons CaCl^2 + C^2O^4H^2.$$

Nous nous sommes proposés de rechercher successivement l'influence de chacun des facteurs sur l'équilibre, en laissant les autres facteurs constants. La méthode détermination de l'équilibre consiste à observer la disparition du louche dû à la suspension de l'oxalate de calcium dans l'eau, par addition d'acide chlorhydrique titré. Le système est donc étudié à l'instant précis où la transformation de l'oxalate de calcium en acide oxalique est pratiquement complète. L'oxalate de calcium est obtenu au moment de faire les déterminations, par précipitation d'une liqueur titrée d'acide oxalique par une liqueur équivalente de chlorure de calcium.

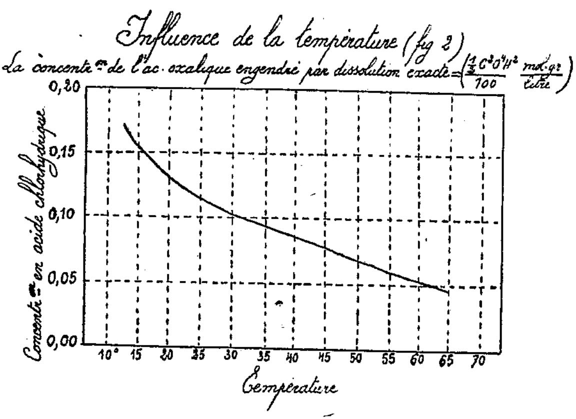
1° *Influence de la concentration en acide oxalique créé.* — Les concen-



trations en chlorure de calcium et en acide oxalique se correspondent mais sont 2, 3, ... fois plus fortes dans les 2e, 3e, ... déterminations que dans la première. La température est maintenue constante. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 1. Cette courbe est sensiblement une droite.

[1] Ostwald, *Journ. für prakt. Chemie*, t. 22, p. 251.

2° *Influence de la température.* — Les concentrations en acide oxalique et en chlorure de calcium se correspondent et sont maintenus constantes dans toutes les déterminations. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 2.

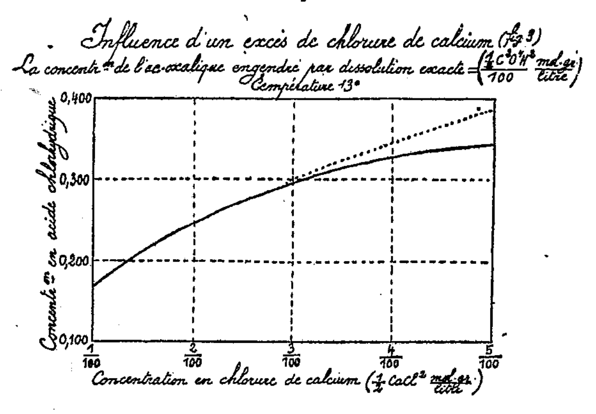


Nous constatons que les concentrations en acide chlorhydrique sont sensiblement proportionnelles aux produits de solubilité de l'oxalate de calcium comme cela ressort du Tableau suivant :

Concentration en acide chlorhydrique.

	Température.							
	18°.	15°.	20°.	25°.	35°.	45°.	55°.	65°.
Trouvée...	0,147	0,165	0,136	0,119	0,097	0,08	0,059	0,048
Calculée...	0,147	0,163	0,136	0,115	0,086	0,065	0,054	0,039

3° *Influence d'un excès de chlorure de calcium.* — La température et la

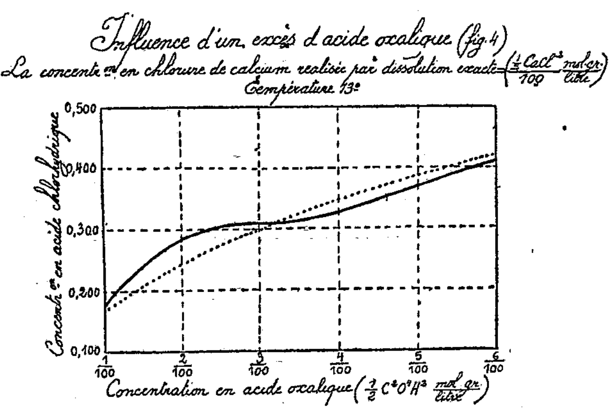


concentration en acide oxalique engendré étant maintenues constantes, les concentrations en chlorure de calcium sont 2, 3, ... fois plus fortes dans

les 2e, 3e, ... déterminations que dans la première. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 3.

Nous remarquons que les concentrations en acide chlorhydrique varient approximativement comme la racine carrée de la concentration en chlorure de calcium. Sur la figure, nous avons représenté en pointillé cette proportionnalité de la racine carrée.

4° *Influence d'un excès d'acide oxalique.* — La température et la concentration en chlorure de calcium étant maintenues constantes, les concentrations en acide oxalique sont 2, 3, ... fois plus fortes dans les 2e, 3e, ... déterminations que dans la première. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 4.



Nous remarquons que les concentrations en acide chlorhydrique varient approximativement comme la racine carrée de la concentration en acide oxalique. Sur la figure nous avons représenté en pointillé cette proportionnalité à la racine carrée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des températures élevées sur quelques substances réfractaires.* Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les substances étudiées ont été soumises à l'action des hautes températures réalisées dans un four électrique à résistance constitué essentiellement par un tube en charbon parcouru par un courant d'ampérage convenable et noyé dans une substance réfractaire et peu conductrice, charbon en poudre, azoture d'aluminium, zircone, etc. La substance agglomérée sous forme de pastilles est placée au centre du four parcouru par un courant d'azote pur,

dans le voisinage d'un morceau de charbon de bois purifié dont on prend la température à l'aide d'un pyromètre Wanner, préalablement bien réglé. La visée se fait par l'intermédiaire d'une petite fenêtre fermée par une lame mince servant de couvre-objet dans les observations microscopiques. Une étude préliminaire permet de se rendre compte facilement de la grandeur de la correction résultant du passage des radiations à travers cette mince lamelle.

On utilise comme support de la pastille soit une lame de charbon, soit un aggloméré en azoture d'aluminium, soit un aggloméré en carborundum.

I. *Aluminate de soude*, $Al^2O^3.Na^2O$. — Cet aluminate est préparé par le chauffage vers 1100°-1200° d'un mélange intime d'alumine et de carbonate de sodium purs employés en quantités théoriques. L'expérience démontre cependant qu'on obtient de bons résultats en utilisant un très léger excès d'alumine.

Voici les dosages de quelques échantillons, dosages donnant les rapports de l'alumine et de la soude :

				Calculé.
Al^2O^3.............	61,76	61,97	61,95	62,19
Na^2O.............	38,24	38,03	38,05	37,80

On a déterminé le point de fusion de ce sel, en élevant progressivement la température, qui est notée chaque minute, et en surveillant l'affaissement de la pastille.

Dans une première expérience la fusion s'effectue entre 1650° et 1670°; dans une deuxième, où l'élévation de température est trop rapide, on note 1670°; dans la troisième, fusion nette à 1650°. Nous pouvons admettre 1650° comme point de fusion.

Les aluminates du type $Al^2O^3Na^2O.nNa^2O$, plus riches en soude que l'aluminate précédent se dissocient au-dessous de 1650° en perdant toute la soude complémentaire à l'état de vapeur, il se produit d'abondantes fumées, on a la réaction :

$$Al^2O^3Na^2O.n\,Na^2O = Al^2O^3Na^2O_{sol} + n\,Na^2O_{vap}.$$

Le haut point de fusion de ce sel de soude en fait presque un produit réfractaire. Il constitue pour ainsi dire un stabilisateur de la soude et permet d'étudier indirectement les réactions de la soude jusqu'aux environs de 1600°. Vis-à-vis de la soude, l'aluminate joue le même rôle que les bisulfates alcalins vis-à-vis de l'acide sulfurique; ces bisulfates permettent, comme on le sait, de réaliser en quelque sorte les réactions de l'acide sulfu-

rique à des températures supérieures à son point d'ébullition. J'aurai l'occasion d'en fournir quelques exemples.

II. *Zircon.* — Le zircon ou silicate de zirconium, SiO^2ZrO^2, utilisé dans ces recherches, était constitué par de magnifiques cristaux quadratiques originaires du Brésil. On a porté progressivement sa température jusqu'à 2126° sans atteindre la fusion. Ce corps paraît se dissocier légèrement à partir de 1800° en zircon et vapeurs de silice :

$$SiO^2ZrO^2_{sol} = ZrO^2_{sol} + SiO^2_{vap}.$$

Cette dissociation devient manifeste vers 1900°; les fumées blanches qui en résultent faussent la mesure de la température, au point que l'expérience dut être arrêtée à la température mesurée de 2126° (c'est-à-dire, en réalité, à une température nettement supérieure), parce que le tube était alors littéralement obstrué par les vapeurs et les fumées de silice.

La zircone qui résulte de la décomposition ne fond pas encore à 2300°; on a indiqué en effet pour sa température de fusion un nombre voisin de 2600°.

Cette facile dissociation du zircon, qui tient évidemment à la faible chaleur dégagée dans l'union des deux anhydrides, fournit le principe d'une méthode qui pourra sans doute être industrialisée pour la fabrication de ce réfractaire si précieux, la zircone.

III. *Zirkite.* — On trouve dans le commerce, sous le nom de zirkite, un produit réfractaire constitué par une zircone impure souillée par quelques centièmes de silice et un peu d'oxyde de fer. Cet oxyde naturel, qui se rencontre aux États-Unis, est simplement soumis à un traitement d'épuration physique; il forme alors un produit réfractaire d'un prix bien inférieur à celui de la zircone pure. Je l'ai chauffé progressivement et j'ai pu constater qu'il ne fondait pas encore à 1950°.

IV. *Anhydride tungstique.* — L'anhydride tungstique chauffé jusqu'à 2130° n'a pas fondu; mais, dans les conditions de mes essais (milieu réducteur), il s'était transformé en un mélange de métal et de carbure.

V. *Azoture d'aluminium.* — L'azoture d'aluminium, AlN, forme un excellent réfractaire; il ne fond pas encore à 2200° et se dissocie en ses constituants à une température plus élevée.

Quand on fabrique l'azoture d'aluminium dans un four fixe vertical chauffé suivant son axe par une résistance électrique, le mélange alumine et charbon qui entoure cette résistance se transforme progressivement en azoture dans l'atmosphère d'azote. En fin d'expérience, on trouve autour de l'électrode un vide limité par une surface isothermique, correspondant

à la température de dissociation commençante de l'azoture. On ne peut confondre cette dissociation avec une sublimation qui aurait simplement pour effet de déplacer l'azoture.

Sous sa forme cristallisée, il résiste assez à l'action de l'oxygène qui ne le détruit que très lentement à ces hautes températures. Je reviendrai sur ce point.

THERMOCHIMIE. — *Chaleurs de dissolution et de formation des chlorures doubles :* $CuCl^2\,2KCl\,2H^2O$, $CuCl^2\,2RbCl\,2H^2O$, $CuCl^2\,2CsCl\,2H^2O$ *et des sels anhydres correspondants.* Note [1] de MM. **A. Bouzat** et **E. Chauvenet**, présentée par M. Paul Sabatier.

Préparation des sels. — Nous avons préparé $CuCl^2\,2KCl\,2H^2O$ et $CuCl^2\,2RbCl\,2H^2O$ en évaporant, vers 50°, une solution renfermant 2^{mol} de chlorure alcalin pour 1^{mol} de chlorure cuivrique. Les chlorures anhydres $CuCl^2\,2KCl$ et $CuCl^2\,2RbCl$ ont été obtenus en chauffant les sels hydratés à une température comprise entre 45° et 70° dans une atmosphère de gaz chlorhydrique sec. Ce procédé fournit les chlorures anhydres purs.

Quant à $CuCl^2\,2CsCl\,2H^2O$, comme il perd son eau dès la température ordinaire, nous l'avons préparé en effectuant l'évaporation de sa solution à une température de 10° à 12°. Par évaporation vers 40°, nous avons obtenu le sel anhydre $CuCl^2\,2CsCl$. Les cristaux de $CuCl^2\,2CsCl$ se sont présentés sous deux apparences distinctes : les uns allongés et jaune brillant, les autres trapus et brun rouge.

Chaleurs de dissolution. — Nous avons fait pour chaque sel (autre que $CuCl^2\,2Cs\,2H^2O$) au moins cinq mesures, à des températures comprises entre 9° et 21°. Le poids de sel dissous dans chaque expérience a été de 5^g à 14^g dans 400^{cm^3} d'eau.

Les déterminations ont conduit aux chaleurs de dissolution suivantes :

$CuCl^2\,2KCl$	$-1^{cal},85+0^{cal},15\,(t-15°)$
$CuCl^2\,2RbCl$	$-3,57+0,17\,(t-15°)$
$CuCl^2\,2CsCl$	$-5,24+0,14\,(t-15°)$

(Les chaleurs de dissolution des deux variétés de $CuCl^2\,2CsCl$ n'ont pas présenté de différences supérieures aux erreurs d'expériences.)

---

[1] Séance du 3 décembre 1923.

$CuCl^2 2KCl 2H^2O$ ....:	$-6^{cal},88+0^{cal},17\ (t-15^o)$
$CuCl^2 2RbCl 2H^2O$	$-11,14+0,17\ (t-15^o)$
$CuCl^2 2CsCl 2H^2O$	$-9,80$ à 12°

ce qui donne $-9^{cal},30$ à 15° en admettant une variation de $0^{cal},17$ par degré, égale à celle des deux autres chlorures hydratés.

La variation de la chaleur de dissolution avec la température est très grande pour tous ces composés; elle est vraisemblablement du même ordre que la somme des variations des chaleurs de dissolution des molécules constituantes. Elle est d'autre part à peu près la même pour les trois chlorures doubles.

Il y a lieu de remarquer que la chaleur de dissolution de $CuCl^2, 2RbCl$ ($-3^{cal},57$ à 15°) est sensiblement égale à la moyenne ($-3^{cal},54$ à 15°) des chaleurs de dissolution de $CuCl^2, 2KCl$ et de $CuCl^2, 2CsCl$, de même que le poids atomique du rubidium est à peu près la moyenne des poids atomiques du potassium et du cæsium. Une relation semblable a été trouvé par M. de Forcrand [1] entre les chaleurs de dissolution des combinaisons d'un même halogène avec le potassium, le rubidium et le cæsium.

Les chlorures doubles hydratés, au contraire, ne vérifient nullement une telle relation.

Chaleurs de formation. — Nous admettrons comme chaleurs de dissolution à 15° : $11^{cal},0$ pour $CuCl^2$ [2], $-4^{cal},45$ pour KCl [3], $-4^{cal},50$ pour $RbCl$, $-4^{cal},68$ pour $CsCl$ [1].

Il est facile de calculer qu'à 15°.

$$CuCl^2_{sol} + 2KCl_{sol} = CuCl^2 2KCl_{sol} + 3^{cal},95$$
$$CuCl^2_{sol} + 2RbCl_{sol} = CuCl^2 2RbCl_{sol} + 5,57$$
$$CuCl^2_{sol} + 2CsCl_{sol} = CuCl^2 2CsCl_{sol} + 6,88$$

D'autre part, la chaleur de fusion d'une molécule d'eau rapportée à 15° au moyen des chaleurs spécifiques étant de $1^{cal},56$, on trouve qu'à 15° :

$$CuCl^2 2KCl_{sol} + 2H^2O_{sol} = CuCl^2 2KCl\ 2H^2O_{sol} + 1^{cal},91$$
$$CuCl^2 2RbCl_{sol} + 2H^2O_{sol} = CuCl 2RbCl 2H^2O_{sol} + 4,45$$
$$CuCl^2 2CsCl_{sol} + 2H^2O_{sol} = CuCl 2CsCl\ 2H^2O_{sol} + 0,94$$

---

(1) De Forcrand, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 24, 1911, p. 256.

(2) Thomsen, *Thermochemische Untersuchungen*, t. 3, p. 186. — Sabatier, *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. 1, 1889, p. 90.

(3) Berthelot et Ilosvay, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 29, 1883, p. 301. — Paul Mondain-Monval, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 889.

La chaleur de formation de $CuCl^2 2RbCl$ ($5^{cal},57$) est encore sensiblement égale à la moyenne ($5^{cal},41$) des chaleurs de formation de $CuCl^2 2KCl$ et de $CuCl^2 2CsCl$.

Par contre, la chaleur de combinaison des sels anhydres avec l'eau ne varie pas du tout comme le poids atomique du métal alcalin.

Constitution des sels. — On considère généralement les chlorures doubles du type $CuCl^2 2KCl$ comme renfermant l'anion $CuCl^4$ (1). Adoptons comme chaleurs de combinaison de Cl_{gaz} avec : K_{sol} $104^{cal},10$, Rb_{sol} $105^{cal},00$, Cs_{sol} $106^{cal},38$ (2). Le calcul indique que la chaleur d'union de $CuCl^4$ avec K^2, Rb^2 ou Cs^2 à l'état solide augmente de $3^{cal},42$ de K^2 à Rb^2 et de $4^{cal},07$ de Rb^2 à Cs^2 : ces deux nombres peuvent être considérés comme très voisins, surtout si l'on remarque que chacun d'eux résulte de huit données expérimentales différentes.

M. de Forcrand a montré que la chaleur dégagée par la combinaison d'un même halogène avec K, Rb ou Cs croît, comme le poids atomique du métal, à peu près de la même quantité de K à Rb et de Rb à Cs; cette règle se retrouve, si l'on considère, au lieu d'un halogène, l'anion complexe $CuCl^4$.

Le changement de couleur (1) et la variation du coefficient d'aimantation moléculaire (3) qui accompagnent le départ des deux molécules d'eau des chlorures doubles hydratés conduisent à regarder cette eau comme de l'eau de constitution.

Mais dans l'hypothèse où les trois sels renfermeraient l'anion complexe $\left[Cu\frac{Cl^4}{(H^2O^2)}\right]$, sa chaleur de combinaison avec K^2_{sol}, Rb^2_{sol} ou Cs^2_{sol} augmenterait de $5^{cal},96$ de K^2 à Rb^2 et de $0^{cal},56$ de Rb^2 à Cs^2; les accroissements ne seraient plus du tout proportionnels aux différences des poids atomiques des métaux alcalins.

En comparant la déshydratation des chlorures doubles de Cu et de NH^4, K, Rb ou Cs avec celle des sulfates doubles des mêmes métaux (4), on voit que c'est le chlorure double de cæsium qui, au point de vue de l'affinité pour l'eau, présente une anomalie.

---

(1) Urbain et Sénéchal, *Introduction à la Chimie des complexes*, p. 426.

(2) De Forcrand, *loc. cit.*

(3) Mlle Feytis, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 886.

(4) Caven et Ferguson, *Journal of the Chemical Society*, vol. 121, 1922, p. 1406.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du calcium par la méthode opacimétrique.* Note de MM. C. **Chéneveau** et R. **Boussu**, présentée par M. Charles Moureu.

Le dosage de petites quantités de calcium par la méthode opacimétrique, à l'aide de suspensions d'oxalate de calcium, a déjà été utilisé par quelques auteurs, parmi lesquels nous pouvons citer MM. Muguet (1), Lyman (2), etc.

Cependant on ne paraît pas s'être préoccupé des conditions exactes dans lesquelles il fallait se placer pour que l'absorption de la lumière fût uniquement fonction de la concentration. Nous avons essayé de les déterminer par des recherches systématiques.

L'un de nous (3) a montré, d'après des expériences faites en collaboration avec M. René Audubert (4), que les lois qui régissent l'absorption de la lumière par les milieux troubles, à particules sphériques et transparentes, mènent à cette conclusion : pour que l'absorption, qui dépend de la masse des particules et de leur diamètre, soit une fonction de la concentration, il faut que les diamètres des grains soient les mêmes ou que leur diamètre moyen reste constant.

On peut se demander s'il est légitime que les mêmes lois s'appliquent aux précipités en suspension dont les grains ne sont pas sphériques et sont plus ou moins fins et cristallins. Pour trancher cette question, nous avons réalisé diverses expériences avec le néphélémètre Chéneveau-Audubert (5), dans lequel le déplacement d'un coin à teinte neutre compense l'absorption du milieu trouble étudié et est, entre certaines limites et pour des granules sphériques et transparents, proportionnel à leur concentration. Nous nous sommes d'abord assurés, bien que l'écart entre nos lectures fût faible

---

(1) *Sur le dosage de la chaux dans les jus sucrés* (*Journ. Fabric. de Sucre*, n° 37, 1903, p. 1).

(2) *Dosage du calcium dans le sérum sanguin* (*Journ. of Bio. Chem.*, 377, 1914, p. 17.

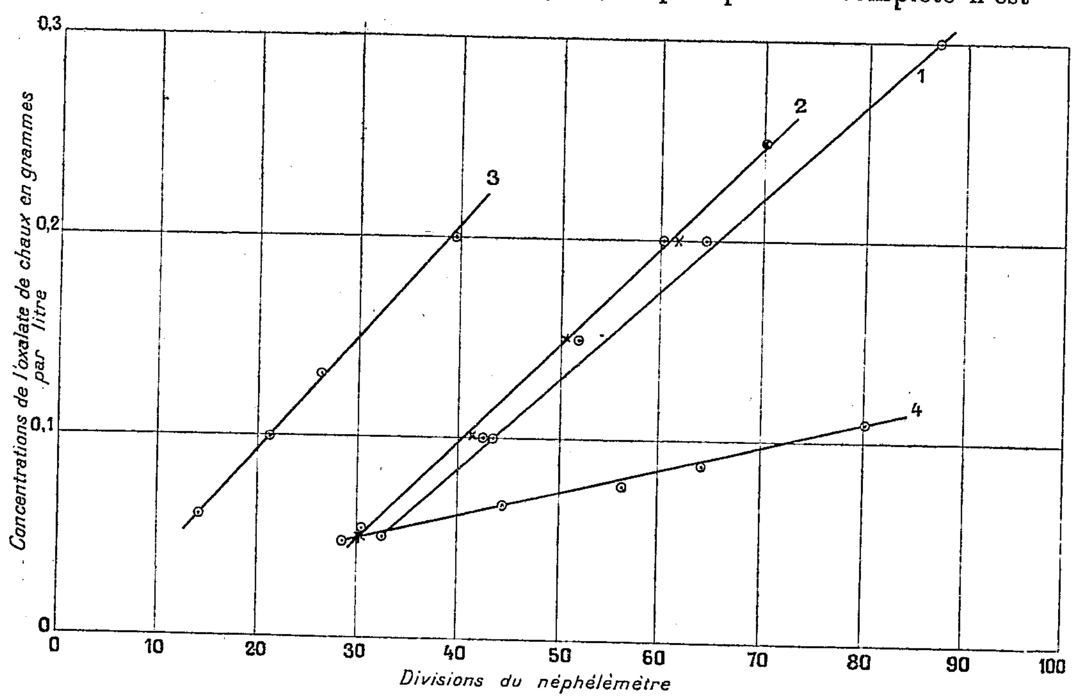
(3) C. Chéneveau, *Conférence faite à l'Association des Élèves des Écoles spéciales de l'Université de Liége*, le 8 juin 1923.

(4) *Ann. de Phys.*, 9e série, t. 13, 1920, p. 134.

(5) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 728. — L'appareil, disposé verticalement, donne les mêmes résultats, que la matière soit dispersée ou déposée.

(3 divisions), qu'il était malgré tout préférable que chaque observateur fît sa courbe d'étalonnage.

Nous avons ensuite cherché les conditions de précipitation complète du calcium dans des solutions très étendues de nitrate de calcium. Comme le montrent les droites 1 et 2 de la figure, la précipitation complète n'est



obtenue, au bout de 24 heures, que par la méthode analytique connue, qui consiste à ne pas précipiter seulement le sel de calcium par l'acide oxalique (droite 2), mais à le faire en présence d'ammoniaque (droite 1). On voit qu'en attendant assez longtemps, la droite 2 ne diffère pas beaucoup de la droite 1, mais on ne peut compter, pour un dosage précis, que sur cette dernière, qui correspond à la précipitation complète.

Si l'on précipite des solutions de plus en plus étendues (droite 2, points), ou si l'on dilue successivement un précipité d'oxalate de calcium (droite 2, croix), les résultats sont identiques si l'on reste dans les mêmes limites de concentration.

L'influence des dimensions des grains des précipités est mise en évidence par la comparaison des courbes 1 et 3; tandis que la droite 1 se rapporte à des grains fins, la droite 3 correspond à de plus gros grains obtenus par l'ébullition prolongée de la solution précipitée.

Enfin la nature du sel de calcium précipité n'est pas indifférente, car, comme le montrent les droites 1 et 4 se rapportant à $(NO^3)^2 Ca$ et $Ca Cl^2$, les résultats ne sont pas semblables. On peut donner une explication de cette différence en remarquant que le liquide intergranulaire n'est pas le même dans les deux cas et que la formation des cristaux dans des milieux différents ne donne pas des grains de dimensions comparables.

Il ressort de ce travail : que les précipités d'oxalate de calcium en suspension paraissent bien obéir entre certaines limites aux lois générales de l'optique des milieux troubles; que le dosage du calcium par la méthode opacimétrique est toujours possible, mais demande une minutieuse étude préalable. Des méthodes du même genre ont déjà été utilisées pour le dosage de divers corps, mais de façon empirique. Comme nous venons de le montrer, il serait intéressant que l'étude indispensable à faire dans chaque cas fût conduite d'une façon systématique [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hexamétaphosphates.*

Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On désigne généralement sous le nom d'hexamétaphosphates les sels incristallisables obtenus à partir des pyrophosphates acides ou des phosphates monométalliques, fondus au rouge et refroidis rapidement.

Si cette dernière précaution n'est pas observée, le sel obtenu présente souvent des traces de cristallisation et le lavage en sépare souvent du trimétaphosphate plus rapidement soluble; il est même fréquent de le trouver souillé du sel alcalin insoluble dont nous avons montré l'allure colloïdale et qui se dissout partiellement, à la faveur des autres métaphosphates, rendant leur solution nettement visqueuse.

On a considéré également comme hexamétaphosphates les sels résultant de la double décomposition entre un sulfure alcalin et les métaphosphates de métaux lourds préparés, au-dessus de 400°, à partir d'un oxyde et de l'acide phosphorique. Disons de suite que la plus grande confusion règne autour de ce second mode de préparation; suivant les uns, les sels alcalins sont cristallisables; suivant les autres, ils restent toujours vitreux; enfin quelques-uns mêmes les ont obtenus sous forme de masses élastiques. Nous aurons plus tard l'occasion de montrer qu'en l'absence de toute pré-

[1] C'est par exemple ce que MM. H. Bénard et A. Laborde ont fait pour le dosage des albumines (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 98).

caution spéciale on a toujours dans ce cas un mélange au moins binaire de trimétaphosphate, d'hexamétaphosphate et de métaphosphate colloïdal insoluble dans l'eau,

Le moyen le plus sûr d'obtenir un hexamétaphosphate alcalin bien défini consiste à partir du trimétaphosphate, dont la pureté initiale est facile à contrôler par l'absence de précipitation avec les sels de plomb, de baryum et d'argent. Le sel est fondu vers 700°, par doses de quelques grammes seulement, dans un large creuset de platine où il s'étale en couche mince, et l'on plonge brusquement le fond du récipient dans l'eau froide. La matière vitreuse résultante est exempte de toute trace de sel colloïdal, comme l'indique l'absence de viscosité de ses solutions; elle ne contient pas non plus de trimétaphosphate, comme le montre la pesée du précipité donné dans sa solution par le nitrate de plomb (1,789 fois son poids après dessiccation à 125°).

Les relations que nous avons découvertes entre les trimétaphosphates et les hexamétaphosphates justifient ce mode opératoire.

Les deux séries de sels se transforment en effet l'une dans l'autre par variation de la température et il existe un point de transformation bien défini, situé pour le sel de sodium à 607° ± 2°; l'hexamétaphosphate est la forme stable aux hautes températures.

Le passage du trimétaphosphate à l'hexamétaphosphate est pratiquement instantané, mais la vitesse de la transformation inverse décroît rapidement quand on s'écarte de la température d'équilibre. Pour réaliser la dépolymérisation intégrale il a fallu en effet les durées de chauffe suivantes :

A 602°	< 1 minute
A 586°	4 à 5 minutes
A 544°	15 à 16 »
A 507°	40 à 45 »

Aux températures plus basses, la vitesse de transformation devient insensible et les hexamétaphosphates subsistent à la faveur d'un faux équilibre. Ainsi s'explique l'identité des points de fusion des deux types de polymères, situés pour le sel de sodium à 638°; ainsi s'expliquent les détails des recettes indiquées pour la préparation du « sel soluble de Graham », dans laquelle on cherche à traverser rapidement la zone de rétrogradation, située au-dessous de 607°.

Après leur formation, les hexamétaphosphates subissent à haute température une très lente évolution, dont la limite est atteinte en 16 heures

à 648°, en 6 heures à 835°. Le phénomène est relevé par un léger accroissement de la viscosité de leurs solutions, dû vraisemblablement à la formation d'une faible proportion de la variété colloïdale. Si l'on constitue en effet des mélanges de cette forme avec l'hexamétaphosphate correspondant, ils évoluent très rapidement vers le second constituant pour présenter, aux mêmes températures, les mêmes viscosités que dans la première série d'expériences. L'équilibre correspond aux proportions suivantes de sel colloïdal :

A 648°............................	1,8 pour 100
A 835°............................	1,2 »

Les hexamétaphosphates, que nous venons ainsi de situer par rapport aux autres polymères, s'en distinguent encore par leur propriété de donner des complexes avec les sels de fer et d'uranyle, correspondant aux types

$$[Fe(Po^3)^6]M^4, \quad [Fe(Po^3)^6]M^3, \quad [UO^2(Po^3)^6]M^4,$$

dont les deux premiers s'apparentent aux ferrocyanures et aux ferricyanures. C'est ainsi qu'un excès de sel alcalin décolore le sulfocyanure ferrique et empêche toute coloration des sels d'uranyle par les ferrocyanures. Nous nous proposons de revenir prochainement sur ces réactions qui fournissent un moyen de déceler 1 pour 100 d'hexamétaphosphate dans un mélange d'isomères.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la silice et de l'alumine sur le sulfate de chaux.* Note de Mlle **Germaine Marchal**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On a cherché dans ces derniers temps à substituer le sulfate de chaux au carbonate de chaux, dans la préparation des ciments, en vue de récupérer l'acide sulfurique du gypse.

Je me suis proposé de fixer les caractéristiques des réactions qui peuvent intervenir dans cette fabrication, et j'ai commencé par entreprendre leur étude statique.

Cette Note est relative aux actions respectives de la silice et de l'alumine sur le sulfate calcique.

Pour cette étude expérimentale, on a par exemple pris, comme matières initiales, la silice et le sulfate dans le vide, par conséquent en l'absence d'oxygène, de manière à constituer un système monovariant, donnant par conséquent une pression d'équilibre pour chaque température.

Le dispositif expérimental employé est le même que celui déjà décrit au sujet de la détermination de la pression de dissociation de quelques sulfates [1]. J'ai mélangé intimement, après les avoir desséchés par calcination, d'une part du sulfate de chaux pur et de la silice (obtenue par décomposition de l'eau par le fluorure de silicium), et d'autre part du sulfate de chaux et de l'alumine pure, dans les proportions des deux réactions suivantes :

$$(1)\qquad SO^4Ca + SiO^2 = SiO^2.CaO + SO^2 + \frac{1}{2}O^2,$$

$$(2)\qquad SO^4Ca + Al^2O^3 = Al^2O^3.CaO + SO^2 + \frac{1}{2}O^2.$$

Les substances ont été comprimées sous forme de pastilles en vue d'assurer un contact plus intime entre les corps réagissants, et ces pastilles ont été fractionnées en petits morceaux susceptibles de traverser la partie étroite du tube pyrométrique de porcelaine.

La réaction avec la silice commence vers 870°C., celle avec l'alumine ne paraît débuter que vers 940°-950°C. Ces deux systèmes donnent lieu tous deux à des équilibres monovariants très nets, c'est-à-dire qu'à une température déterminée, correspond une pression d'équilibre du mélange gazeux, et une seule. Le Tableau suivant contient les valeurs P, en centimètres de mercure, des pressions totales d'équilibre de ces deux systèmes, pour les températures centigrades indiquées :

Action de la silice.		*Action de l'alumine.*	
t°C.	P.	t°C.	P.
°	cm	°	cm
940	1,05	1000	0,9
1000	2	1020	1,1
1030	3,4	1060	2,2
1100	9,4	1100	2,5
1130	14,5	1150	4,2
1170	21,9	1170	5
1190	27,2	1200	6,8
1220	36,5	1220	8,5
1230	44	1230	9,8
1250	57,5	1250	13,3
1260	64,9	1260	14,5
1280	81,7	1270	16,7
		1280	20

[1] G. Marchal, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 270, et t. 176, 1923, p. 299.

Ces pressions peuvent être déterminées, soit en provoquant l'action des oxydes sur le sulfate, soit par réaction inverse, c'est-à-dire action des gaz sur le silicate ou l'aluminate déjà formé; les valeurs ainsi obtenues sont parfaitement concordantes. Après chaque série d'expériences, on peut d'ailleurs, en refroidissant suffisamment lentement, faire rentrer en combinaison la totalité du gaz dégagé. La vitesse de réaction est très grande à température élevée : ainsi, avec la silice, à 1230°, une fois l'équilibre établi, si l'on enlève 20^{cm^3} à 30^{cm^3} de gaz sur un volume total d'environ 80^{cm^3}, l'équilibre se rétablit en une ou deux secondes.

La courbe des pressions totales P d'équilibre dans l'action du sulfate de chaux sur la silice indique 1273° C. comme température pour laquelle cette pression est de 76^{cm}; par extrapolation des résultats obtenus dans l'action du sulfate de chaux sur l'alumine, on arrive à 1363° C. comme température correspondant à cette même pression. La différence entre ces deux températures est en relation avec la différence des chaleurs de formation du silicate et de l'aluminate de chaux à partir des oxydes.

CHIMIE EXPÉRIMENTALE. — *Solubilité de l'acide titanique dans les alcalis et dans les carbonates alcalins. Oxychlorure de titane cristallisé.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. A. Béhal.

On sait que les titanates obtenus par fusion alcaline, sont hydrolysés au contact de l'eau en titanates acides insolubles, tandis que la solution alcaline ne contient que peu ou pas de titane. Il règne une indécision regrettable sur ce dernier point, car en 1849 Demoly ([1]) a décrit des titanates alcalins $TiO^3Na^2, 4H^2O$ et $TiO^3K^2, 4H^2O$, cristallisés par voie humide; tout récemment encore, un brevet pris en se basant sur l'existence de ces titanates spécifiait que le fer et le titane peuvent être séparés en solubilisant ce dernier en présence d'alcali en excès ([2]).

Nous avons déterminé la solubilité de l'acide titanique dans les lessives alcalines à divers degrés de concentration, et dans les solutions de carbonates et de bicarbonates alcalins; comme TiO^2 existe à l'état hydraté sous des formes plus ou moins compactes, plus ou moins attaquables aux réactifs, nous avons opéré soit avec des fontes alcalines où il se trouve sous forme de

([1]) Demoly, *C. R. de Chimie de Laurent et Gerhardt*, 1849, p. 325.

([2]) Coffignier, *Chimie et Industrie*, t. 7, 1922, p. 651.

titanate, soit avec la gelée d'hydrate soluble à froid dans les acides, soit enfin, en traitant par les alcalis en excès une solution de chlorure titanique. Nous exprimons ici les résultats en milligrammes de TiO^2 qui reste dissous en 100^{cm^3} de solution.

NaOH. — TiO^2 hydraté et NaOH à 10 pour 100 : 2 à 2,5; NaOH à 36 pour 100 : 6 à 10. Mêmes résultats en employant la solution de Cl^4Ti.

Par fusion de TiO^2 en NaOH, 1 partie de TiO^2 pur, dissous en 40 parties de NaOH au rouge; la masse refroidie traitée avec le minimum d'eau donne un liquide clair surnageant en dépôt blanc de titanate acide insoluble. Cette partie liquide cristallise par refroidissement; c'est un hydrate de NaOH qui ne contient pas trace de TiO^2. Le résidu traité par l'eau froide fournit une solution très alcaline contenant environ 7 à 10^{mg} pour 100 de TiO^2.

KOH. — TiO^2 hydraté et KOH à 10 pour 100 : 30 à 45; KOH à 40 pour 100 : 70 à 90. Solution de Cl^4Ti versée en KOH à 3 pour 100 : 1; 10 pour 100 : 30 à 45; 40 pour 100 : 100 à 120. Par fusion de TiO^2 en KOH, en faisant des reprises successives de la masse fondue avec de petites portions d'eau, on obtient successivement des solutions contenant : 175; 1500; 1800; 400; 12; 0. Les solutions 2, 3 et 4, fortement alcalines, déposent rapidement du TiO^2, et le lendemain le taux du produit dissous s'est abaissé à 100 en moyenne. Il y a donc eu momentanément une notable proportion de titanate dissous à l'état métastable, puis l'hydrolyse s'effectuant lentement, le système est revenu à l'état d'équilibre par dépôt de TiO^2.

Solubilité de TiO^2 dans les carbonates et bicarbonates alcalins.

CO^3Na^2. — TiO^2 hydraté, agité avec la solution aqueuse saturée : insoluble. Après fusion, reprise à l'eau froide ou chaude, par portions successives, on remarque, comme pour la fusion précédente, la formation de solutions métastables renfermant 25 et 10^{mg} pour 100, qui le lendemain sont retombées au titre zéro ou traces. On n'a pas pu opérer avec les solutions de Cl^4Ti, parce qu'il se forme alors du CO^3NaH, ce qui ramène au cas suivant :

CO^3NaH. — Solution à 10 pour 100 avec TiO^2 : 25; avec Cl^4Ti : 40. Ces liqueurs précipitent la totalité du titane par ébullition.

CO^3K^2. — Solution à 30 pour 100 : 2; solution saturée : 30. Après dilution et ébullition, le taux de produit dissous tombe à 0,8.

CO^3KH. — Solution saturée et TiO^2; 700. Avec Cl^4Ti et en présence d'excès de CO^3KH non dissous; 2000. Cette solution commence à déposer après quelques heures et le lendemain le taux de TiO^2 dissous tombe à 700. La solution de CO^3KH à 25 pour 100 retient à l'état soluble 275

et à 12 pour 100 : 50. Il y a évidemment formation d'un carbonate double titani-alcalin peu stable et très hydrolysable.

En résumé, il sera préférable, en analyse, d'opérer avec des solutions sodiques, carbonatées si possible, pour éviter des pertes par solubilité du TiO^2. D'autre part, les résultats obtenus sont en contradiction complète avec la Note de Demoly et ne permettent pas d'admettre l'existence de métatitanates alcalins cristallisables d'une solution alcaline.

Sur un oxychlorure de titane cristallisé. — On a décrit de nombreux oxychlorures, tous amorphes et ne présentant aucune garantie d'individualité chimique. En laissant évaporer à froid sur SO^4H^2 une solution très chlorhydrique de Cl^4Ti, nous avons obtenu de gros cristaux incolores en tablettes à faces rhombes, lentement altérables à l'air en perdant ClH et attirant l'humidité, solubles dans l'eau en donnant une solution colloïdale. L'analyse, exécutée par Mlle M.-L. Odinot, a donné des chiffres correspondant à la formule $TiO^2, ClH, 3H^2O$, qu'on peut grouper suivant $Cl - Ti \vdots (OH)^3, 2H^2O$. Des essais effectués en vue d'obtenir des chlorures contenant 2 ou 3 Cl n'ont fourni que des produits amorphes et de formule non constante; comme ces cristaux se déposent d'une solution saturée à froid en ClH, il est improbable qu'on puisse obtenir, par voie humide, un chlorure moins hydrolysé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les chloramidines.* Note de M. **Paul Robin**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré que l'acide hypoïodeux naissant réagissait sur les amidines pour donner des composés iodés nouveaux, les iodamidines, auxquels nous avons attribué l'une des formules

$$R.C\begin{matrix}\nearrow\!\!\!\!\nearrow NI \\ \searrow NH^2\end{matrix} \quad \text{ou} \quad R.C\begin{matrix}\nearrow\!\!\!\!\nearrow NH \\ \searrow NHI\end{matrix}.$$

De même, si l'on fait réagir sur les amidines les hypochlorites alcalins, on obtient des dérivés bien cristallisés contenant un atome de chlore susceptible de réagir, en milieu acide, sur l'iodure de potassium pour dégager deux atomes d'iode. L'atome de chlore de ces composés présente donc la même fonction que l'atome d'iode des iodoamidines. Nous proposons

(1) J. Bougault et P. Robin, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 38.

d'appeler ces composés nouveaux des chloramidines et nous leur attribuons l'une des deux fonctions suivantes :

$$R.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NCl \\ \diagdown NH^2\end{matrix} \quad \text{ou} \quad R.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NH \\ \diagdown NHCl\end{matrix}.$$

Benzchloramidine $C^6H^5.C.N^2H^2Cl$:

Préparation. — 20g de chlorhydrate de benzamidine sont dissous dans 500cm³ d'eau. On agite la solution mécaniquement et l'on verse assez rapidement 220cm³ de solution d'hypochlorite de soude titrant 42g de chlore actif par litre. Le produit cristallise aussitôt. On essore de suite.

Le produit ainsi obtenu est presque pur. Pour en achever la purification on le fait cristalliser dans un mélange de trois parties de ligroïne (éb. 60°-110°) et une partie de benzène en utilisant 100cm³ de solvant pour 5g de produit.

Composition. — Le dosage du chlore effectué sur le produit, après réduction par le sulfite de soude à froid, donne 22,8 pour 100 au lieu de 22,97 théorie pour un dérivé monosubstitué de la benzamidine. De plus, le mode de dosage utilisé montre que l'halogène n'est pas lié au carbone du noyau benzénique. Enfin, dans les eaux mères du dosage, on caractérise la benzamidine par transformation en iodamidine (fus. 117°).

Propriétés. — La benzchloramidine se présente sous forme de belles aiguilles incolores, inodores, mais dont les poussières sont faiblement sternutatoires.

Elle est extrêmement soluble dans tous les solvants organiques (au moins 20 pour 100 dans le benzène, 25 pour 100 dans l'alcool, l'éther, l'acétone, 50 pour 100 dans l'anhydride acétique) à froid. Elle est faiblement soluble dans l'eau à laquelle elle communique des propriétés oxydantes.

La benzchloramidine est très stable. On peut la chauffer sans altération à la température du bain-marie. Elle est sans action immédiate sur l'alcool et sur l'éther qui l'abandonnent inaltérée par évaporation.

Si on la chauffe avec de l'eau acidulée à l'ébullition, il y a dégagement de chlore.

Si on la traite par de l'eau acidulée en présence d'iodure de potassium, il y a mise en liberté de deux atomes d'iode par molécule de benzchloramidine mise en œuvre.

Chauffée avec de l'eau distillée à 100° en tube scellé, la benzchloramidine est rapidement détruite avec dégagement gazeux. Il se forme de fines aiguilles baignées par une huile brune. On caractérise comme produits de la réaction de la cyaphénine $(C^6H^5CN)^3$, du nitrile et de l'acide ben-

zoïque, de l'ammoniaque et de la benzamidine. Le chlore se retrouve à l'état d'ion Cl.

Il y a eu dissociation de la benzchloramidine en ses deux générateurs : benzamidine et acide hypochloreux; oxydation d'une partie de la benzamidine par l'acide hypochloreux avec dégagement d'azote; enfin hydrolyse d'une partie de la benzamidine.

Si l'on chauffe de la benzchloramidine avec de l'alcool absolu en tube scellé pendant 30 heures à 100°, on retrouve la majeure partie du produit inaltéré. Il s'est fait une petite quantité d'un produit chloré volatil et de la benzamidine.

Contrairement à la benziodamidine qui réagit sur l'antipyrine pour donner de l'iodantipyrine, la benzcloramidine ne réagit pas sur ce composé.

L'anhydride acétique ne réagit pas à froid sur la benzchloramidine. A l'ébullition dans le benzène il y a formation d'un composé nouveau fondant à 122°, très peu soluble dans les solvants organiques, possédant la composition d'un dérivé monoacétylé de la benzchloramidine et possédant également un atome de chlore susceptible de réagir sur l'iodure de potassium en dégageant deux atomes d'iode par molécule.

Nous avons préparé également la paratolychloramidine :

$$C^6H^4(CH^3)_1(CN^2H^2Cl)_4$$

fondant à 96° et dont les propriétés sont analogues à celles de la benzchloramidine et la phénylacétchloramidine $C^6H^5.CH^2.CN^2H^2Cl$ fondant à 72° avec laquelle nous n'avons pas pu obtenir de dérivé cristallisé par action de l'anhydride acétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la production d'acétone par action de l'acétate de potassium sur l'anhydride acétique*. Note de M. E. LUCE, présentée par M. A. Béhal.

Ayant observé, en chauffant un mélange d'anhydride acétique, d'acide acétique et d'acétate de potassium, la formation d'acétone avec dégagement d'acide carbonique et d'un gaz non absorbable par la potasse et brûlant avec une flamme bleue, nous avons examiné de plus près cette réaction pour en élucider le mécanisme et en connaître le rendement.

En maintenant à l'ébullition durant 30 heures, par chauffage au bain d'huile à 170°-180°, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant relié à des tubes à

potasse, un mélange équimoléculaire d'anhydride acétique, acide acétique et acétate de potassium, parfaitement purifiés, il s'est dégagé pour 100g d'acétate, 2g,982 d'acide carbonique, tandis qu'on a retrouvé 0g,824 d'acétone. Des mélanges équimoléculaires, d'acétate de potassium + acide acétique, anhydride acétique + acide acétique, n'ont dégagé que de minimes quantités d'acide carbonique, avec formation de traces d'acétone. Au contraire, un mélange équimoléculaire, acétate de potassium + anhydride acétique, a dégagé 12g,32 de gaz carbonique et la production d'acétone a été appréciable. Ces essais montraient donc déjà que l'acide acétique ne jouait aucun rôle dans la réaction et que celle-ci était due soit à l'anhydride, soit à l'acétate.

Toutefois, en opérant ainsi, le rendement en acétone est très médiocre pour les raisons suivantes : 1° une partie de l'acétone produite se polymérise avec formation en abondance de produits bruns insolubles; 2° une autre fraction, très importante, est entraînée par le courant gazeux chaud. On a donc opéré par la suite en chauffant le mélange, anhydride acétique + acétate de potasse, de manière à distiller l'acétone dès sa formation et à la condenser par une réfrigération énergique, en évitant toute distillation durant la première heure de chauffe. Ainsi, les rendements, sans être élevés, sont appréciables puisqu'ils s'élèvent à 24 pour 100 du rendement théorique en acétone.

Il faut remarquer à ce propos que, dans les mêmes conditions d'expérience, l'acétate de potassium ne peut être remplacé par le sel de sodium. W.-H. Perkin [1], a déjà signalé la production de cétones par action des anhydrides sur les sels de sodium, mais n'a pu obtenir de l'acétone à partir de l'acétate de soude, qu'en chauffant à 190°-200°, en tube scellé.

La réaction peut s'expliquer par l'un des trois mécanismes suivants :

1° Soit par simple décomposition de l'anhydride acétique;

2° Soit par décomposition du sel de potassium et régénération d'acétate :

$$\begin{matrix} CH^3-CO\boxed{OK} \\ CH^3-\boxed{CO\,OK} \end{matrix} = CO^3K^2 + CH^3-CO-CH^3,$$

$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\!\!>O + CO^3K^2 = CO^2 + 2\,CH^3-CO^2K.$$

3° Soit par condensation de l'anhydride et du sel, suivie de la décomposition du produit intermédiaire formé :

$$(1)\qquad \begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\!\!>O + CH^3-CO^2K = \begin{matrix} CH^3-CO-O \\ CH^3-CO-O \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OK \\ CH^3 \end{matrix},$$

$$(2)\qquad \begin{matrix} CH^3-CO-\boxed{O} \\ CH^3-\boxed{CO-O} \end{matrix}\!\!>C<\!\!\boxed{\begin{matrix} OK \\ CH^3 \end{matrix}} = CH^3-CO-CH^3 + CO^2 + CH^3-CO^2K.$$

---

[1] W.-H. PERKIN, *Journ. Chem. Soc.*, t. 49, 1886, p. 317-328.

Cette dernière hypothèse, déjà envisagée par W. Perkin et montrée par cet auteur comme la plus plausible, est pleinement confirmée par les faits suivants :

1° La réaction est lente; durant la première heure d'ébullition du mélange, le dégagement d'anhydride carbonique est sensiblement nul; si la température s'élève quelque peu pour que la distillation s'effectue, il distille exclusivement de l'anhydride sans acétone.

2° En chauffant à l'ébullition, au bain d'huile, un mélange de butyrate de potassium et d'anhydride acétique, le distillat renferme exclusivement un mélange de propanone et de méthylpropylcétone. Celle-ci a été caractérisée par son point d'ébullition, 98°-102°, sa combinaison bisulfitique et sa semi-carbazone, fusible à 105°-106°. On peut donc conclure à la condensation entre l'anhydride et le sel, suivie d'une décomposition s'effectuant des deux manières suivantes :

$$\begin{matrix} CH^3-CO-O \\ CH^3-CO-O \end{matrix}\!\!\!>C<\!\!\!\begin{matrix} OK \\ C^3H^7 \end{matrix} \begin{matrix} \nearrow CH^3-CO-CH^3+CO^2+C^3H^7CO^2K \\ \searrow CH^3-CO-C^3H^7+CO^2+CH^3-CO^2K. \end{matrix}$$

Avec l'une des deux premières hypothèses, il se serait formé exclusivement soit de l'acétone, soit de la butyrone $C^3H^7-CO-C^3H^7$ bouillant à 144°.

En réalité, la réaction est fort complexe. Si, en effet, après avoir chauffé à l'ébullition le mélange, anhydride acétique + acétate de potassium, on retrouve intégralement, selon les prévisions, l'acétate mis en œuvre, en revanche la quantité d'anhydride acétique détruite est bien supérieure à celle qu'aurait exigé le dégagement de gaz carbonique. Aussi, à la suite de notre observation primitive, avions-nous pensé qu'il se produisait une réaction secondaire avec dégagement d'oxyde de carbone et formation d'acétate de méthyle :

$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-\boxed{CO} \end{matrix}\!\!>O = CO+CH^3-CO^2-CH^3.$$

Il n'en est rien. En opérant sur des produits purs, nous avons bien caractérisé l'oxyde de carbone, mais la proportion de ce gaz, déterminée par réduction de l'anhydride iodique, a été si minime qu'elle pourrait être due plutôt à des traces de formiates contenues dans l'acétate.

D'après les opérations effectuées avec le mélange, butyrate de potassium + anhydre acétique, les deux cétones, propanone et méthylpropylcétone, se forment en proportion sensiblement égale. En tenant compte de ce

fait, le rendement en cétones totales est approximativement de 24 pour 100 par rapport au rendement théorique.

D'ores et déjà, il nous paraît possible de généraliser cette réaction. On pourrait ainsi obtenir assez facilement, en évitant les inconvénients des procédés par distillation sèche, soit des méthylcétones, en employant l'anhydride acétique, soit des cétones symétriques ou dissymétriques selon l'anhydride et le sel de potassium employés. Dans le cas examiné, butyrate de potassium + anhydride acétique, la séparation est évidemment difficile à effectuer parfaitement par distillation fractionnée. Il n'en serait plus de même avec des termes plus élevés en atomes de carbone [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Solubilité et insolubilité de l'amidon.* Note de MM. G. **Malfitano** et M. **Catoire**, présentée par M. Roux.

Le fait exposé ici confirme, même par son apparence paradoxale, l'hypothèse que l'amidon soit constitué par des complexes de matière amylacée combinée aux sels des acides phosphorique et silicique. Nous avons retiré, de la partie la mieux dissoute des empois, de l'amidon qui, desséché, devenait très difficilement soluble, et dont les cendres étaient presque entièrement insolubles dans l'eau et laissaient un résidu insoluble dans les acides après fusion avec la soude. On verra que la solubilité et l'insolubilité des fractions d'amidon semblent dépendre des bases qui sont liées ou qui peuvent réagir sur les acides phosphorique et silicique, ceux-ci très vraisemblablement combinés à la matière amylacée.

Un empois ne contenant que 10^g de fécule de pomme de terre au litre, chauffé au maximum à 80°, se sépare après refroidissement en deux couches, dont la supérieure occupe un dixième environ du volume et apparaît parfaitement limpide, mais bleuit fortement avec l'iode. Pour séparer cette partie la plus soluble, l'empois est dilué avec 9 volumes d'eau. Le liquide limpide décanté est réduit par évaporation dans un moule en nickel, où il est ensuite congelé. Après décongélation presque tout l'amidon est ramassé en petits bâtonnets, globules et feuillets d'une gelée très consistante qui sont facilement séparables de l'eau mère. Ce produit tout frais et encore humide, chauffé dans l'eau, ne donne pas une solution aussi claire qu'auparavant, mais un empois comparable à celui de la fécule brute. Essoré et desséché il prend l'aspect de carton-pâte qui, dans l'eau bouillante, se gonfle sans se diviser. Pour obtenir un pro-

---

(1) De plus amples détails sur le mode opératoire seront publiés dans un autre Recueil.

duit finement divisé on lave à grande eau par décantation successive et ensuite avec de l'alcool qui reste de plus en plus fort la matière séparée par congélation.

Ce produit, ayant trempé dans l'alcool presque absolu essoré à la trompe prend un aspect cotonneux, même soyeux, et ses fines particules se séparent aisément dans l'eau. Dans ces conditions, l'attaque par l'eau chaude n'est pas gênée; on constate plus nettement que cette matière retirée d'une solution limpide est à tel point peu soluble qu'après ébullition elle sédimente, formant un feutrage peu différent de celui avant le chauffage. Il faut chauffer à 150° pour obtenir une liqueur homogène, mais opalescente qui par refroidissement se trouble et forme un dépôt. Par macération dans les acides suivie de lavages cette matière se dissout à chaud comme l'amidon dit soluble; et lorsqu'on lui incorpore des traces de soude ou de potasse on obtient, en chauffant, des gelées comme en partant de la fécule ordinaire.

Revenons au sédiment formé par les grains gonflés et déchirés. Lavons-le à grande eau; celle-ci se colore toujours par l'iode; ce sédiment chauffé au bain-marie bouillant devient plus fluide et moins trouble; on le laisse sédimenter pour éviter les impuretés, et on le congèle. Après décongélation, et après des traitements analogues à ceux décrits précédemment, on obtient un produit plus grossier. Ce produit, bien que provenant de la partie trouble, chauffé après dessiccation dans l'eau bouillante semble plus sensible à l'attaque par l'eau et forme aussi un empois qui se sépare en deux couches.

Examinons maintenant les liquides de décongélation filtrés. Ils sont limpides et fluides comme de l'eau et se colorent fortement par l'iode, toutefois même après avoir été concentrés ils ne se modifient pas par congélation et presque pas par addition d'alcool. Dans ces liquides nous avons constaté que très peu d'amidon se trouve dissous en présence de la plus grande partie des sels de la fécule et surtout des solubles.

Des expériences analogues ont été faites avec l'amidon de maïs, et les résultats obtenus ne sont pas différents dans leurs modalités essentielles : réserve faite que l'acide phosphorique est moindre et l'acide silicique plus abondant que dans la fécule de pomme de terre.

Voici la composition des cendres des fractions des empois en regard des cendres des grains d'amidons dont on était parti :

Fécule de pomme de terre pour 100^{g} : cendres totales, 283^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 153^{mg}; cendres solubles dans HCl, 102^{mg}; P^2O^5, $0^{mmol},9$; CaO, $0^{mmol},3$; MgO, $0^{mmol},2$; résidu insoluble dans HCl, 28^{mg}.

1. *Produit retiré de la partie limpide :* cendres totales, 162^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 6^{mg}; cendres solubles dans HCl, 142^{mg}; P^2O^5, $0^{mmol},3$; CaO, $0^{mmol},2$; MgO, traces; résidu insoluble dans HCl, 14^{mg}.

2. *Produit retiré de la partie trouble :* cendres totales, 216^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 6^{mg}; cendres solubles dans HCl, 176; P^2O^5, $0^{mmol},7$; CaO $0^{mmol},2$; résidu insoluble dans HCl après fusion avec la soude, 10^{mg}.

3. *Liquide de décongélation de la partie limpide, par litre :* matière sèche, 50^{mg}; cendres totales, 19^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 11^{mg}, tout le reste soluble dans HCl; P^2O^5 et CaO, traces.

4. *Liquide de décongélation de la partie trouble, par litre :* matière sèche, 406^{mg}; cendres totales, 15^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 4^{mg}; tout le reste soluble dans HCl; P^2O^5, $0^{mmol},015$; CaO, traces.

Amidon de maïs pour 100g : cendres totales, 90mg; cendres solubles dans l'eau, 3mg; cendres solubles dans HCl, 72mg; P^2O^5, 0mmol,22; CaO, 0mmol,14; MgO, traces; Al^2O^3, 0mmol,25; reste insoluble dans HCl après fusion avec la soude, 15mg.

Produit retiré de la liqueur limpide : cendres totales, 101mg; cendres solubles dans l'eau, 12mg; cendres solubles dans HCl, 53mg; P^2O^5, 0mmol,04; CaO, 0mmol,05; Al^2O^3, 0mmol,12; reste insoluble dans HCl après fusion avec la soude, 11mg.

Le fait remarquable dans ces expériences est qu'une matière bien dissoute, séparée par le procédé physique de la congélation, devient peu soluble et même insoluble par dessiccation; bien qu'elle reste susceptible de devenir par les traitements appropriés ou tel que l'amidon soluble, ou tel que l'amidon formant des gelées. Tout se passe comme si ce produit était le même que dans le grain d'amidon, à part qu'il a été débarrassé de la partie soluble des sels par le fait de sa fine dissolution et que, desséché, il devient résistant au chauffage; parce que le gonflement et la division de cette matière, en elle-même insoluble, seraient dus à l'ionisation des sels, voir même de l'eau qu'elle contenait. En tout cas ces expériences démontrent que l'on ne doit pas caractériser les différentes matières amylacées sans tenir compte que les anions des acides phosphorique et silicique sont masqués et forment des ions complexes avec la matière amylacée, alors, par conséquent, la solubilité dépend de la nature et teneur des cations. En général, l'amidon qui bleuit avec l'iode contient toujours intimement liés et masqués des phosphates alcalinoterreux; lorsque, comme l'un de nous l'a montré, on obtient une matière débarrassée de cendres, celle-ci est sensiblement dextrinisée, car la réaction bleue avec l'iode disparaît avant l'élimination complète de ce sel.

La symétrie des faits de solubilité et d'insolubilité des sels minéraux des acides phosphorique et silicique éclaire la complication des faits, relatifs à l'amidon, ce composé non seulement organique, mais organisé.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains permiens et triasiques de l'Ouest de Madagascar.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le terme inférieur de la série sédimentaire de l'Ouest de Madagascar est formé par des schistes noirs plus ou moins ardoisiers, vers la base desquels s'intercalent des coulées de roches basiques; au-dessus viennent, sur 70m-80m d'épaisseur, des schistes rouges ou jaunes. Les schistes noirs immédiatement superposés aux roches basiques comportent de multiples intercalations de grès à grain fin avec traces végétales et de petites couches

charbonneuses. L'ensemble de ces formations, qui peut être rattaché au *Permien* par analogie avec les dépôts fossilifères du Sud de l'île (région de Benenitra), forme le noyau de l'axe anticlinal du moyen Ranobe, depuis le confluent de la Mitsiotaka jusqu'en aval de l'ancien poste d'Ampoza.

Dans toute cette région on voit se développer, au-dessus de la série permienne et en parfaite continuité avec elle, des couches verdâtres de marnes schisteuses et de grès fins psammitiques donnant parfois des dalles assez résistantes. On y trouve en abondance des coquilles d'*Estheria minuta*, des écailles de poissons et des débris végétaux, plus rarement *Mytilus* cf. *psilomoti*, *Lingula* sp. Nous avons observé cette formation du *Trias inférieur* à l'Est de Manandaza, à l'Ouest d'Ankavandra et dans toute la région du haut Manambao, du haut et du moyen Ranobe, depuis Beravina-en-terre jusqu'à Bebao, à l'Ouest d'Ampoza.

La masse principale du *Trias* est formée par des sables plus ou moins complètement consolidés en grès, qui occupent toute la zone des hauts plateaux et des hautes plaines s'étendant du Bongo Lava cristallin aux falaises du Bemaraha, de l'Ikahavo et de l'Ankara; les mêmes grès forment d'ailleurs la partie principale de ces falaises, que couronne généralement du Jurassique; enfin, dans la vallée du Ranobe, le Trias s'avance assez près du rivage, où il disparaît sous les tufs basaltiques du Crétacé moyen. Plus on s'éloigne du Bongo Lava et plus les éléments fins tendent à se substituer aux éléments grossiers dans cette série détritique. Souvent au contact du Cristallin s'observent de véritables conglomérats de base, dont l'âge précis est lié à la transgressivité plus ou moins accusée du Trias suivant les localités : la forme des galets de ces conglomérats indique pour les uns une origine torrentielle et pour les autres qu'il s'agit d'un dépôt de rivage marin. Les grès grossiers qui se développent à l'Ouest du Bongo Lava viennent soit sur ces conglomérats, soit directement sur les couches d'Ankavandra, quand celles-ci ont été mises à jour par l'érosion; très près du Bongo Lava, ils se présentent parfois sous le faciès d'arkoses meubles; ailleurs on y observe, à une distance variable du contact du Cristallin, des intercalations lenticulaires d'argiles multicolores d'origine lagunaire. Vers le Bemaraha dominent au contraire les grès à grain fin, à stratification souvent entrecroisée, rouges surtout vers le haut, plutôt jaunes vers le bas; on voit s'y intercaler progressivement, dans les zones supérieures, des argiles bariolées, qui finissent par former une véritable assise terminale de la série triasique, dans la plaine de Tsiandro par exemple. A la hauteur de cette dernière localité les grès de la falaise ont environ 300^{m} de puissance; en tenant

compte des 800^m^ traversés par les sondages de Maroboala, on peut évaluer l'épaisseur totale du Trias de la région à 1000^m^ au moins. Ce puissant ensemble éveille l'idée de dépôts fluvio-marins et laguno-marins accumulés vers la limite des domaines continental et océanique, dans une région en voie de constant affaissement, comme un géosynclinal.

Un peu partout abondent, dans les grès du Trias, les troncs d'arbres silicifiés, dont beaucoup ont encore plusieurs dizaines de mètres de longueur; évidemment ces arbres flottés provenaient d'un large continent situé vers l'Est et couvert d'une abondante végétation. Souvent tronçonnés en une quantité de segments d'une longueur voisine de leur diamètre, ils sont demeurés à la surface des plateaux, tandis que les grès et sables qui les enrobaient ont été entraînés par l'érosion. Localement, une silicification secondaire, due à la formation d'un ciment calcédonieux, affecte les sables : elle donne aux masses gréseuses une apparence de dykes qui a trompé parfois les observateurs; ces pseudo-dykes peuvent être d'ailleurs alignés suivant des cassures faisant partie de réseaux conjugués d'âge assez récent. Dans la région de Bemo Langa et en quelques autres localités, les sables triasiques ont comme ciment un bitume résultant des transformations secondaires d'un immense gîte de pétrole : les sables ainsi bituminisés se présentent en lentilles qui peuvent se superposer en hauteur et se succéder latéralement à des niveaux divers. De tels sables bituminisés ont été secondairement transformés en grès calcédonieux, notamment au Nord du Manambolo, vers Andranoboko. Dans cette dernière localité, comme à Bemo Langa, on trouve vers la base de l'ensemble bituminisé une assise peu épaisse de marnes sulfo-gypseuses.

Mais c'est seulement au Nord-Ouest du massif cristallin, à la hauteur de Kandreho, que les gypses jouent un rôle important dans les affleurements de Trias. La colline de l'Ankarakeny, au-dessus d'Antanandava, nous a présenté la coupe ci-après, de haut en bas :

7. Alternances de calcaires blancs en dalles à radioles d'Échinides et de marnes noires (Oolithique inférieur).

6. Marnes noires et calcaires grumeleux rouges ou jaunes à *Bouleiceras* (Lias supérieur).

5. Grès triasiques, localement enlevés par l'érosion antéliasique.

4. Gypse avec argiles bariolées, cargneules, bois silicifiés, lignite (30^m^ à 50^m^).

3. Lumachelle à Huîtres formant abrupt et passant insensiblement par alternances et lentilles à des plaquettes gréseuses à *Myophoria vulgaris*, *Mytillus psilonoti* (10^m^ à 15^m^).

2. Gypse, argiles bariolées (100^m^).

1. Masse principale des grès triasiques.

Les argiles 4 passent, en amont d'Ampasiry et au-dessous de la nouvelle route de Kandreho à Ambalabao, à des schistes noirs à lignite avec soufre ; les plaquettes schisteuses y présentent de nombreuses empreintes de petits Lamellibranches ressemblant à des Cyrènes. Dans la même localité, les argiles 2 renferment également du lignite en bancs de 30^{cm} d'épaisseur.

La présence de deux assises de gypse dans le Trias a déterminé sur les flancs des collines au Nord de Kandreho des affaissements plus ou moins étendus. Il est d'ailleurs à peu près certain que le gypse ou l'anhydrite se retrouve un peu partout à des hauteurs variables dans la série triasique. Si cette roche ne paraît pas avoir été distinguée par les sondeurs anglais, du moins sa présence dans le substratum de la région des plateaux sakalaves, notamment au Nord du Manambolo, semble-t-elle clairement indiquée, par la fréquence à la surface du sol, de dolines, dont la forme circulaire se retrouve souvent jusque dans les mares qui en occupent la partie centrale, mares près desquelles sont généralement installés les villages de pasteurs.

GÉOLOGIE SOUS-MARINE. — *Sur la nature géologique du Banc des Esquerquis (d'après les dragages du « Pourquoi-Pas? » effectués au mois de juin 1923 en Méditerranée occidentale).* Note de MM. **L. Dangeard** et **M. Solignac**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Banc des Esquerquis est situé au large des côtes tunisiennes, à 45 milles environ du cap Bon [1]; il s'étend, du N. 60° E. au S. 60° O., sur une longueur de 34 milles, à une profondeur de 40 à 70^{m}, prolongeant ainsi vers la côte occidentale de Sicile les hauts fonds qui entourent le cap Blanc, le cap Zebib et les îles Cani ; il est divisé en plusieurs plates-formes sous-marines dont la plus éloignée de Tunisie porte une tête de roche presque à fleur d'eau, l'écueil Keith.

La constitution géologique a pu être étudiée par dragage, durant la dernière croisière du « Pourquoi-Pas » sous la direction de M. le docteur J.-B. Charcot.

Les résultats suivants ont été obtenus sur l'écueil Keith et à 1 mille au Sud-Ouest de ce point.

1° L'écueil Keith est étudié en embarcation : on trouve une tête de roche

(1) *Carte* 4314 *du Service hydrographique de la Marine* (*Méditerranée* : Côtes de Tunisie).

à $0^m,30$ sous l'eau, mais la houle, pourtant faible, empêche d'en détacher un fragment. Le plateau qui l'environne est recouvert de 5^m à 10^m d'eau; on aperçoit sa surface très blanche, découpée de cassures, couverte d'Algues et d'Oursins, parsemée d'épaves. L'emploi d'une petite drague ronde permet d'arracher quelques échantillons de calcaire blanchâtre.

2° Sud-Ouest de l'écueil. La profondeur est d'environ 35^m, la transparence de l'eau permet d'apercevoir le fond. La « drague géologique » travaille très rudement sur une surface rocheuse recouverte d'un chevelu d'Algues; elle recueille une centaine de fragments d'une marne schisteuse noirâtre, un peu micacée, souvent brune en surface et quelques échantillons de grès en plaquettes.

Après expulsion du carbonate de chaux, la marne schisteuse se résout en une poudre argileuse d'un gris verdâtre. Des tamisages sériés de cette poudre ont séparé des grains d'argile grise, dont le diamètre est compris entre $1^{mm},2$ et $0^{mm},18$ et une poudre argileuse qui franchit le tamis de 4900 mailles et qui constitue les 63 pour 100 du résidu obtenu après traitement de la roche par l'acide. L'ensemble de l'argile pulvérulente ou granuleuse constitue la presque totalité de la roche. L'élément le plus abondant, après l'argile, est la glauconie qui se présente en grains lobés; puis vient le quartz. Celui-ci se montre soit en éclats esquilleux ou en grains hyalins, offrant des teintes de polarisation disposées en zones arrondies, concentriques, soit en grains vitreux sur lesquels adhèrent des revêtements rougeâtres d'oxyde de fer ou verdâtres de glauconie; beaucoup de ces quartz constituent les noyaux des grains d'argile et sont très riches en inclusions. Les grains de pyrite de fer sont très nombreux; beaucoup sont cristallisés suivant la forme $a^1 \frac{1}{2} b^2$ ou sont disposés en agrégats.

Les feldspaths sont très rares : on trouve seulement quelques cristaux d'orthose présentant un indice de réfraction médian égal à 1,5228. Enfin quelques paillettes de mica blanc se trouvent surtout parmi les grains dont le diamètre est inférieur à $0^{mm},3$.

Ces caractères pétrographiques sont rigoureusement identiques à ceux que l'on observe sur des échantillons analysés provenant des couches éocènes de la région de Bizerte (Dj. Labiod, Dj. Chaouaf, Ben Negro, etc.) et de Kroumirie (Pointe Gallina, Aïn Seba). La marne schisteuse des Esquerquis se rapproche encore des marnes schisteuses éocènes de la même région par sa teneur en phosphate de chaux qui, pour toutes ces roches, ne dépasse jamais le chiffre caractéristique de 0,1 pour 100 (Esquerquis 0,113 d'après l'analyse effectuée par le laboratoire du Ser-

vice des Mines de Tunis) et par la présence, dans les plans de schistosité, de traces de fucoïdes (chondrites) qui forment des traînées charbonneuses.

Les marnes à fucoïdes ont été classées par F. Aubert (1) à la base de l'Éocène supérieur; elles se placent, en réalité, vers le sommet de la formation des calcaires à silex dans lesquels elles sont intercalées et ces calcaires passent, latéralement, dans la région de Mateur et de Béja, à des calcaires à *Nummulites Gizehensis* et *Nummulites irregularis* qui permettent de leur assigner un âge lutétien.

Les roches recueillies sur les Esquerquis sont d'âge éocène; elles sont d'ailleurs sur le prolongement de l'anticlinal Djebel Touila-Ras Zebib, composé de formations appartenant à l'Éocène inférieur et à l'Éocène moyen (et non au Sénonien comme on l'a cru jusqu'à ce jour).

Cette étude de géologie sous-marine montre donc que le banc des Esquerquis est constitué par des roches sédimentaires, tandis que certains bancs voisins (Graham ou Julia) sont d'origine volcanique et qu'il jalonne le prolongement des couches éocènes de Tunisie : il appartient vraisemblablement au flanc Sud de la cuvette synclinale dont l'invasion par la mer a donné naissance au goulet actuel de Bizerte.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un essai de sondage optique de l'atmosphère effectué à l'Observatoire de Lyon.* Note de Mlle **Eugénie Bellemin**, présentée par M. B. Baillaud.

Le déplacement et les déformations des courants aériens élevés présentent un sérieux intérêt au point de vue de la connaissance du temps, mais leur observation se heurte à des difficultés pratiques, les sondages restant limités en altitude par la direction et la vitesse des vents inférieurs.

Un sondage optique simple, reposant sur l'observation des stries et de la scintillation, peut fournir sur les courants élevés des renseignements concernant : leur altitude, leur direction, leur vitesse. Utilisant les remarques faites par M. Galissot (2), je me suis adressée à la scintillation chromatique. Observant à l'aide d'une jumelle achromatique, d'après la méthode

(1) F. Aubert, *Sur l'Éocène Tunisien* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. 19, 1891, p. 491), et *Explication de la Carte géologique provisoire de la Tunisie*, Paris, 1892, p. 48.

(2) Ch. Gallissot, *La photométrie du point lumineux* (*Thèse de Doctorat*, Chap. V, p. 152 à 165).

de Nicholson, j'ai noté la hauteur variable H, au-dessus de l'horizon, à laquelle la scintillation des étoiles cesse d'être accompagnée de changements de coloration. Cette hauteur H, dépendant essentiellement de l'altitude des accidents optiques, renseigne sur les déplacements des courants aériens. Trois années d'observations m'ont permis de mettre en évidence la dépendance certaine liant H aux variations du temps [1].

Variations de H *et leurs relations avec celles du temps.* — La voûte céleste a été divisée en quatre zones : zone I (0° à 24° au-dessus de l'horizon), zone II (24° à 34°), zone III (34° à 44°), zone IV (44° à 64°).

1° Les variations de H précèdent celles du temps de plusieurs jours, sauf parfois en cas d'orages ou de périodes orageuses.

2° Au cours des périodes de pluies intermittentes H se maintient en général zones III et IV. Aucun indice net ne laisse prévoir l'arrivée du beau temps.

3° Dès le début d'une période de beau fixe, H se stabilise et conserve une valeur qui oscille peu de la zone I à la limite inférieure de la zone II.

4° H étant stationnaire, zone I ou zone II passe brusquement dans une des zones III ou IV. Zone III : Annonce de pluie qui ne commence en général que 4 ou 5 jours plus tard. Zone IV : Annonce d'orage ou de période orageuse commençant en général le lendemain de l'observation.

5° Au cours des périodes orageuses H oscille d'une zone inférieure à une zone élevée, sans transition; l'oscillation se fait surtout entre les zones I et IV.

6° Les périodes variables sont caractérisées par le passage de H d'une zone à l'autre, l'oscillation portant sur les quatre zones.

Tenant compte du temps des 24 heures ayant précédé et celui des 24 heures ayant suivi l'observation, j'ai pu interpréter les renseignements fournis par les nombreuses observations isolées et obtenir des pourcentages significatifs. Ainsi les chances de beau, de pluie et de variable se répartissent comme suit :

---

(1) J'ai également noté l'estimation au jugé de l'amplitude de la scintillation ainsi que l'apparence du trait lumineux obtenu en transformant l'image de l'étoile donnée par la jumelle en un petit cercle lumineux (régulier, diffus, frangé, perlé) comme le préconise de Montigny (Académie royale de Belgique. *Mémoires des savants étrangers*, t. 18, 1856, p. 14). Je n'ai pas pu vérifier les résultats obtenus par de Montigny, ni tirer de ces renseignements d'indications nettes sur le temps futur.

H étant observé.	Pluie et variable pour 100.	Beau pour 100.
Zone I	75	25
Zone II	80	20
Zone III	94	6
Zone IV	100	0

Dans chaque zone ces chances ne sont significatives que si l'observation est encadrée par une variation déterminée du temps. Zone II, par exemple, une observation précédée de pluie signifie :

— Si elle est suivie dans les 24 heures de ciel couvert : 0 pour 100 chances de beau.

— Si elle est suivie dans les 24 heures de beau : 39 pour 100 chances de beau.

Des remarques analogues s'appliquent aux chances de pluie et de temps variable dans chaque zone.

J'ai été conduite à envisager l'utilisation de ces résultats en vue d'une prévision offrant ce caractère particulièrement intéressant de porter sur une période d'une certaine durée (les n jours qui suivent l'observation). Limitant la valeur de n à 10 jours j'ai pu obtenir : 80 pour 100 de prévisions fixant la nature de la période (en entendant par nature les proportions relatives de jours beaux, de jours couverts, de jours de pluie); 70 pour 100 de prévisions fixant exactement la valeur de ces nombres. En outre, dans la plupart des cas, la période de 10 jours apparaît trop courte et semble pouvoir être portée utilement à 15 et même 20 jours.

Conclusions. — Les résultats obtenus paraissent justifier la nécessité de demander au sondage optique la totalité des renseignements qu'il peut fournir. Il présente sur les sondages ordinaires l'avantage de la simplicité et de la rapidité; de plus l'expérience a montré, fait qui mérite de retenir l'attention, que le phénomène de la scintillation sur lequel il repose permet de déceler les hétérogénéités dans les couches élevées de l'atmosphère, bien avant qu'elles aient abouti à la condensation ; d'où l'intérêt que présente ce sondage au point de vue d'une prévision à longue échéance.

Son emploi dans une méthode de prévision comprise à la manière de MM. Dunoyer et Reboul [1] paraît devoir augmenter dans de notables proportions les coefficients de certitude d'une prévision. La connaissance

---

[1] L. Dunoyer et G. Reboul, *Le problème de la prévision du temps* (*Journal de Physique*, mai 1921, p. 129).

de la valeur de H se présente comme un complément susceptible de lever les doutes dans le cas où les autres données sont insuffisamment affirmatives ou contradictoires. Dans certains cas elle apporte à elle seule l'assurance de pluie ou de beau, c'est-à-dire la quasi-certitude.

HYDROLOGIE. — *Composition chimique de trois sources radioactives d'Algérie.* Note de M.M. **I. Pouget** et **D. Chouchak**, présentée par M. Charles Moureu.

Ces trois sources émergent du massif gneisique de Fort National et de Michelet, au voisinage de filons de pegmatite et de granulite. Toutes les trois sont captées et se trouvent sur la route d'Alger à Michelet : la source des Chasseurs à 1^{km} avant l'arrivée à Fort National ; la source ferrugineuse d'Icherridène, au-dessous du village de ce nom, à $7^{km},5$ de Fort National; la source d'Alma T'zoumoulal est un peu plus loin, à 10^{km} de Fort National.

Leur composition chimique est la suivante :

	Source des Chasseurs.	Source d'Icherridène.	Source Alma N'tzoumoulal.
Température	$17°,5$	$17°,0$	$17°,0$
Débit par minute	$2^{l},0$	$2^{l},61$	$2^{l},4$
Radioactivité en millimicrocuries	2,48	2,61	5,3
Résistivité à 18°	5600	5625	8980
Résidu sec à 180°	$0^{g},1602$	$0^{g},1700$	$0^{g},932$
Alcalinité totale en HCl N/1	$0^{cm^3},84$	$1^{cm^3},8$	$0^{cm^3},80$
Alcalinité permanente	»	$0^{cm^3},9$	»
Na	0,0280	0,0209	0,0141
K	0,0021	0,0038	0,0020
NH	Néant	Traces	Néant
Ca	0,0098	0,0146	0,0105
Mg	0,0045	0,0063	0,0030
Al et Fe (en oxydes)	0,0004		0,0002
Fe″	»	0,0086	»
Fe‴	»	0,0032	»
Fe total	»	0,0118	»
Al	»	0,0018	»

	Source des Chasseurs.	Source d'Icherridène.	Source Alma N'tzoumoulal
Cl	0,0170	0,0237	0,0106
SO^4	0,0338	0,0181	0,0166
NO^3	Néant	Néant	Néant
NO^2	»	»	»
SiO^2	0,0386	0,0323	0,0119
As (en grammes)	$10,8.10^{-6}$	$18,7.10^{-6}$	$7,5.10^{-6}$
CO^3 des bicarbonates (¹)	8,0500	0,0620	0,0480
CO^2 libre	0,0390	0,1360	0,0490

La source d'Icherridène est certainement celle qui est désignée par le Service des Mines, dans sa Notice sur les eaux thermales et minérales d'Algérie, ainsi que par M. Hanriot dans son ouvrage sur les Eaux minérales d'Algérie, sous le nom de Aïn Souk el Arba. Elle n'est plus connue sous ce nom dans la région.

Par suite de sa faible minéralisation, elle constitue, comme l'indique M. Hanriot, une eau de table parfaite; il ajoute : « comme l'eau d'Évian, et peut-être mieux qu'elle, elle conviendrait parfaitement aux arthritiques, goutteux, graveleux, et ferait partie de leur traitement ».

Le débit de cette source est faible, il était autrefois beaucoup plus abondant, il pourrait être augmenté si le captage, qui est défectueux (présence d'ammoniaque), était refait. Le fer qu'elle contient en dissolution précipite rapidement au contact de l'air; ce n'est qu'avec des précautions spéciales, au moment de l'embouteillage, qu'on pourrait le maintenir en solution.

Les remarques faites par M. Hanriot pour la source d'Icherridène s'appliquent aussi aux deux autres sources, et particulièrement à celle d'Alma T'zoumoulal, qui se place, par la faiblesse de sa minéralisation (93^{mg} par litre), à côté des eaux les moins minéralisées de France (Bagnoles de l'Orne, 71^{mg}). Grâce à sa radioactivité assez forte, embouteillée dans des bouteilles complètement remplies, et employée peu de temps après, elle pourrait être utilisée pour des cures radioactives.

(¹) En présence d'acide carbonique libre, il ne peut exister dans ces eaux, comme d'ailleurs dans presque toutes les eaux naturelles, que des bicarbonates et pas de carbonates neutres, et la silice y est libre.

HYDROGRAPHIE. — *Contribution à l'étude du régime thermique du lac du Bourget (Savoie).* Note [1] de M. **J. Pelosse**, transmise par M. Ch. Depéret.

L'étude complète du régime thermique d'un lac nécessite un grand nombre d'observations échelonnées sur de nombreuses années ; aussi, la présente étude sur le régime thermique moyen annuel du lac du Bourget n'est que le résultat partiel de recherches qui devraient se prolonger longtemps encore. Elle a été entreprise au cours de travaux commencés depuis plusieurs années sur le plankton et la faune du lac, et dans le but seulement de se rendre compte d'une des conditions du milieu biologique ; elle complète les recherches partielles que Delebecque a effectuées dans ce même lac.

Les prises mensuelles de température ont été faites assez régulièrement, la plupart en face du Petit-Port d'Aix-les-Bains et vers le millieu du lac, quelques-unes entre Saint-Innocent et Hautecombe au-dessus des plus grands fonds. Je me suis servi du thermomètre à renversement de Négretti et Zambra, permettant de lire la température au $\frac{1}{5}$ de degré, et dont l'usage m'a donné toute satisfaction.

Le graphique ci-après correspond toujours à une moyenne des relevés mensuels des températures pendant deux années consécutives (1921 à 1923), et pendant trois années pour certains mois. Il ne doit être considéré que comme un ensemble où ne sont pas enregistrées les faibles variations de température existant pour des temps ou des lieux rapprochés. Ce graphique ne saurait indiquer par suite, la constatation déjà signalée [2], que la partie nord du lac, pour des causes encore imparfaitement élucidées, jouit d'une température un peu supérieure à celle de la partie sud.

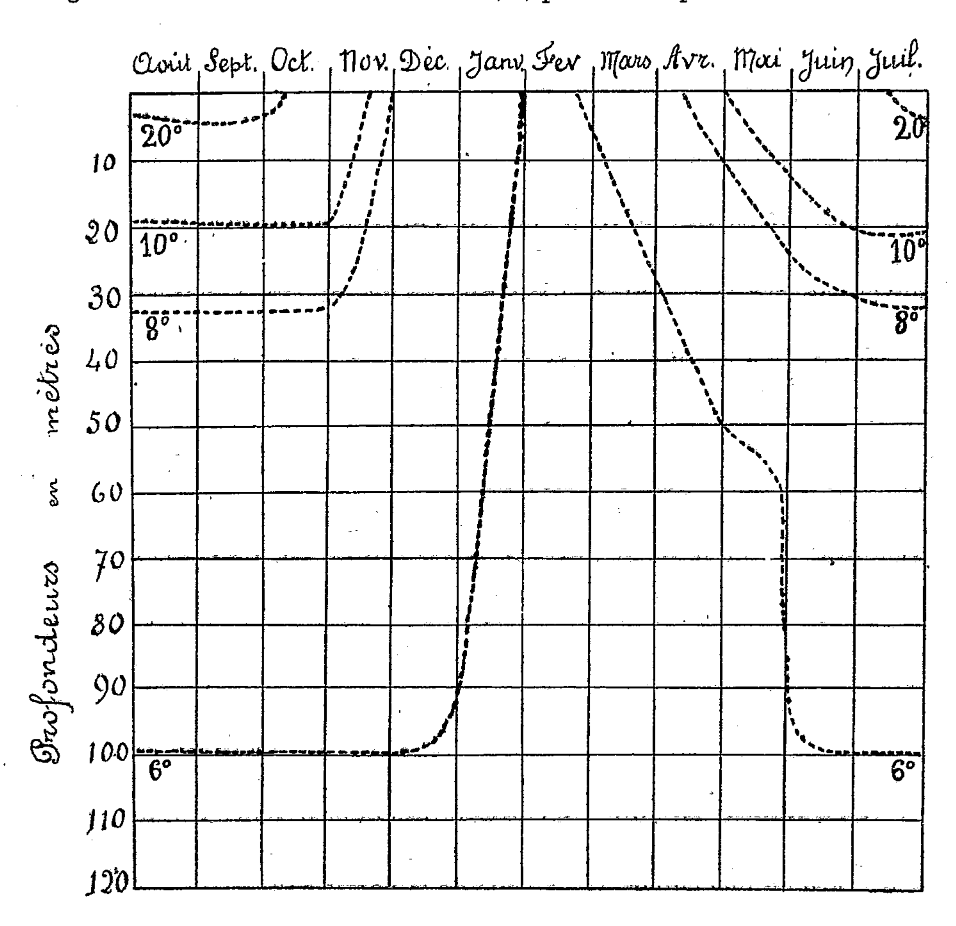
L'examen de cet ensemble montre une fois de plus qu'il faut des observations exécutées pendant longtemps pour juger du régime thermique d'un lac. Les quelques prises de température exécutées par Delebecque font nettement classer le lac du Bourget dans la catégorie des lacs tempérés de F.-A. Forel (dont la température peut être inférieure à 4°), tandis que par le régime de ces deux années passées, il aurait dû être classé dans la catégorie des lacs tropicaux (dont la température est toujours supérieure ou au

---

[1] Séance du 3 décembre 1923.

[2] Delebecque, *Les lacs français.*

moins égale à 4°). Durant ces deux années, les variations de température vers 80ᵐ n'ont été que d'un demi-degré; à cette profondeur, la température n'est guère descendue au-dessous de 5°,6, pour faire place à 5°,2 à 140ᵐ.



Il semble que les variations thermiques pendant ces deux ans se sont manifestées jusqu'à 130ᵐ seulement. L'isotherme de 6° étant remonté à la fin de janvier d'environ 100ᵐ de profondeur jusqu'à la surface ces deux derniers hivers, c'est à cette époque que l'uniformisation thermique des eaux est la plus grande, et il est vraisemblable qu'il en est toujours ainsi. On peut dire que les courbes de stratification thermique du lac du Bourget aux différentes saisons ont la même allure que celles que Forel a construites pour le Léman.

La présence des sources chaudes d'Aix ne paraît avoir aucune influence pratiquement appréciable sur la température du lac, quelle que soit la

saison. Cela s'explique très facilement, du reste, malgré la température élevée de certaines sources : ces sources ont un débit trop faible par rapport à la masse du lac, et leurs eaux ont le temps de se refroidir fortement avant de s'y déverser par l'égout collecteur d'Aix; déjà à la sortie de l'établissement thermal, l'eau n'a plus que 35°.

Si l'on compare le lac du Bourget avec d'autres lacs de la région et d'altitude à peu près égale, comme celui d'Annecy, et à plus forte raison ceux d'Aiguebelette et de Paladru, on constate que sa profondeur moyenne est beaucoup plus grande, et que la masse de ses eaux est sensiblement plus froide. Le peu de fonds herbeux du lac du Bourget par rapport à son grand volume, joint à cette température relativement basse, sont assurément l'une des causes qui expliquent la pauvreté relative de la faune du lac, du moins si l'on considère le nombre des individus et non celui des espèces, fait que les recherches que je continue à effectuer m'ont permis de constater.

ACTINOMÉTRIE. — *Sur un actinomètre thermo-électrique enregistreur.* Note de M. **Henry**, présentée par M. Bigourdan.

Cet appareil est basé sur les mêmes principes que l'actinomètre d'Arago, où le degré actinométrique est donné par la différence de température de deux petites sphères en verre qui sont les réservoirs de deux thermomètres. L'une des sphères est noire, l'autre brillante, et le tout est placé dans le vide.

Le nouvel instrument donne également la différence de température entre deux sphères noire et brillante placées dans le vide, mais il est caractérisé par les trois points suivants :

1° Les deux sphères sont placées dans le même tube protecteur et vide.

2° La différence de température est mesurée au moyen d'un couple thermo-électrique, ce qui permet la transmission et l'enregistrement à distance des indications de l'instrument.

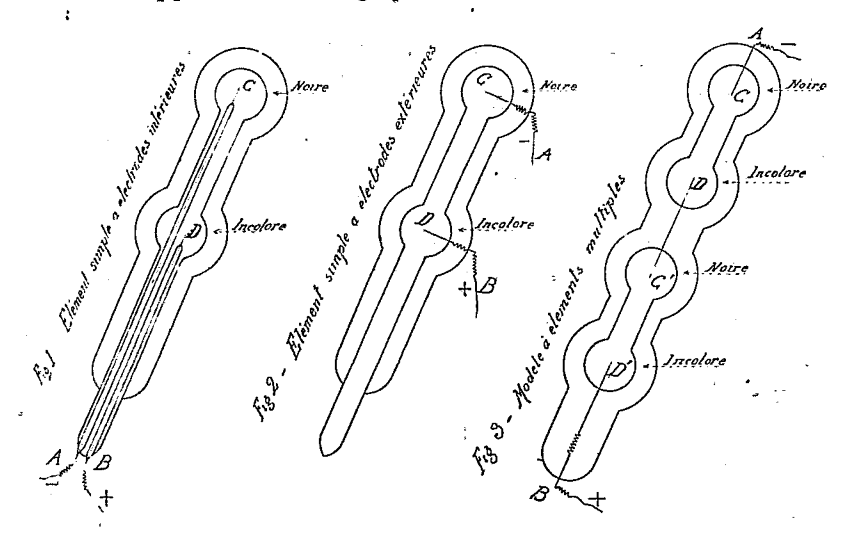
3° La puissance du couple utilisé est beaucoup plus grande que celle des couples employés dans les appareils similaires. Le courant engendré est assez fort pour être enregistré au moyen d'un galvanomètre de laboratoire.

Couple thermo-électrique employé. — Ce couple est formé de tellure et de nickel, ce dernier sous forme de fil; mais le tellure, en raison de sa fragilité, est coulé dans des tubes en verre peu fusible. La force électromotrice obtenue varie, suivant la provenance du tellure, de 520 à 330 microvolts

par degré centigrade ; elle est donc dix à quinze fois plus grande que celle des couples généralement employés.

Construction des éléments actino-électriques. — Les figures 1, 2 et 3 montrent quelques modèles qui ont été réalisés. Deux petites sphères en verre, l'une noircie, l'autre brillante, sont réunies par un tube de verre, qui peut être prolongé pour être utilisé comme support. Deux électrodes en nickel pénètrent dans les sphères comme il est indiqué plus loin ; puis le tube est rempli de tellure fondu et le tout est placé dans une enveloppe transparente où l'on fait le vide. Dans le modèle n° 1, les électrodes de nickel pénètrent au centre des sphères par le prolongement du tube central ; elles sont isolées par des tubes en verre très fins. Dans le modèle n° 2, ces électrodes traversent les parois en verre où elles sont soudées. Dans la figure n° 3, on a réuni plusieurs éléments en tension pour augmenter la force électromotrice en cas de besoin.

L'axe de ces appareils est dirigé parallèlement à celui de la Terre.



Voici, à titre d'indication, quelques données sur les éléments déjà réalisés :

Poids d'un élément seul, 3^G à 11^G. Poids de l'enveloppe, 5^G à 7^G.
Résistance électrique, 6 à 12 ohms. Force électromotrice, 330 à 500 microvolts.

Applications. — Grâce à sa simplicité, à son inaltérabilité et à son faible volume, grâce aussi à l'absence de tout mouvement mécanique, cet instrument, à enveloppe entièrement en verre, se prête aux recherches les plus variées. Il peut être plongé dans les milieux les plus divers, liquides

ou gazeux, par exemple au fond de la mer ou d'un lac. Il peut être abandonné au loin, à toutes les intempéries, en des endroits presque inaccessibles, au sommet d'une montagne par exemple. Un certain nombre de ces éléments, placés dans des enveloppes de couleurs variées, permettront des recherches intéressantes physiques, biologiques, etc.

Graphique donnant la marche d'un actinomètre thermo-électrique, le 3 décembre 1923, au lever puis au coucher du soleil, par ciel couvert.

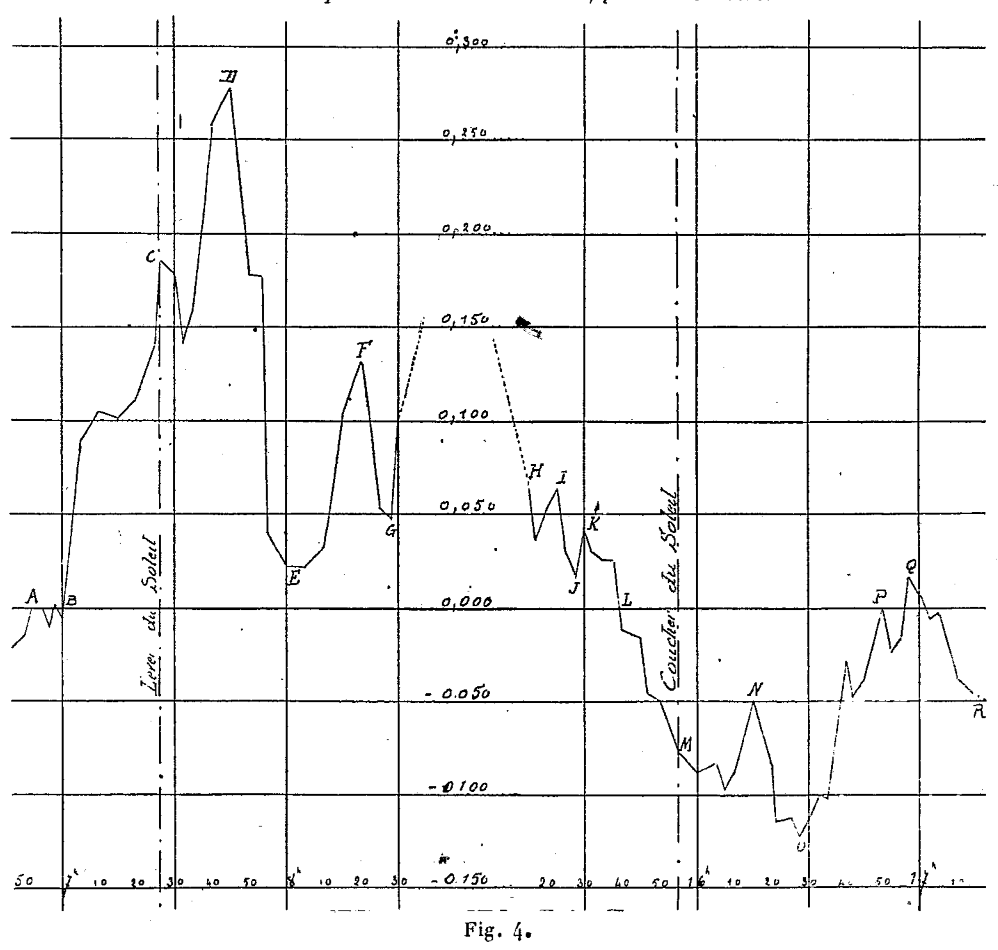


Fig. 4.

Quelques résultats. — Malgré la saison défavorable, il a été possible de se rendre compte de ce que donnerait cet instrument, au grand soleil. Ainsi par exemple, le 19 novembre, vers midi, par un ciel vaporeux, un de ces éléments, dont l'enveloppe contenait de l'air, placé à l'abri du rayonnement du ciel, a donné une force électromotrice de 2850 microvolts. Le galvano-

mètre, à enregistrement mécanique, a donné une déviation de 33 divisions (divisions très larges) sur un total de 42 divisions, soit près de 80 pour 100 de la déviation totale. Par un beau soleil d'été, la sensibilité du galvanomètre serait trop grande et devrait être réduite.

Des résultats plus intéressants, ont été obtenus par ciel couvert.

Le graphique ci-dessus donne un exemple de la marche d'un galvanomètre sensible, au lever, puis au coucher du soleil (la déviation de ce galvanomètre est de 2 divisions par microvolt, soit 1 division par millième de degré; ce sont les différences de température ainsi évaluées qui ont été portées en ordonnées). Ce diagramme montre que le rayonnement nocturne ou négatif a cessé, entre A et B, pour devenir positif 25 minutes avant le lever du soleil. Inversement, le rayonnement négatif a commencé en L, bien avant le coucher du soleil, et, chose curieuse, est redevenu positif en Q, plus de 1 heure après le coucher. Ce même phénomène a été observé encore plusieurs heures après le coucher (22^h).

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'hémolyse par le venin de Scolopendre.* Note de M. **Robert Lévy**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai précédemment [1] constaté l'existence de propriétés hémolytiques dans le venin de deux Myriapodes Chilopodes : *Scolopendra cingulata* Latr. et *Cryptops anomalans* Newpt. Ces deux espèces, qui appartiennent au groupe des Scolopendrides (*sensu lato = Scolopendromorpha* de Verhoeff), s'opposent d'ailleurs par cette particularité à trois autres espèces de Chilopodes étudiées et chez qui il a été impossible de déceler une hémolysine. L'hémolyse directe par ces venins donne des résultats irréguliers, voire nuls, mais par contre on en obtient de tout à fait réguliers par l'adjonction de vitellus de Poule. Fait important : l'activité d'un mélange de venin et de vitellus croît avec la durée du contact. Après un temps suffisant, on arrive à avoir, dans les conditions habituelles d'expérimentation [2], une hémolyse en 5 minutes avec des fractions de mélange correspondant à des doses vraiment infinitésimales de venin de Scolopendre, par exemple à quelques dix-millièmes du venin d'une Scolopendre moyenne (en entendant par

---

[1] *Bul. Soc. Zool. de France*, t. 48, 1923, p. 294.

[2] C'est-à-dire en faisant agir le prélèvement d'essai, amené à 1^{cm^3} par de l'eau salée physiologique, sur 1^{cm^3} d'une émulsion d'hématies à 5 pour 100.

« venin d'une Scolopendre » la macération des forcipules broyées d'un individu).

Ces faits sont tout à fait analogues à ceux que C. Delezenne et Mlle S. Ledebt [1] avaient constaté pour le venin de Cobra et qui les avaient conduits à démontrer que le venin de Cobra produit par catalyse, aux dépens des phosphatides du vitellus, une substance très fortement hémolytique, la « lysocithine », insoluble et cristallisable, caractérisée depuis par C. Delezenne et E. Fourneau [2] comme l'anhydride de l'éther monopalmitophosphoglycérique de la choline, dérivant de la lécithine par élimination des acides gras non saturés.

Il importait de voir jusqu'à quel point l'action du venin de Scolopendre est comparable à celle du venin de Cobra. C'est ce que j'ai tenté par deux voies :

1° En recherchant si la marche du phénomème de catalyse est la même dans les deux cas;

2° En essayant d'extraire l'hémolysine produite par le venin de Scolopendre au moyen de la technique employée pour la lysocithine.

1° *Marche du phénomène de catalyse.* — Lorsque, à une même quantité de vitellus, on ajoute des doses variables de venin de Scolopendre, on arrive toujours, après des durées de contact suffisamment longues, à peu près au même résultat : l'activité hémolytique du mélange atteint un maximum qui est toujours du même ordre de grandeur.

Si l'on détermine la dose hémolytique minima (pour hémolyse complète en 5 minutes) du mélange parvenu à son maximum d'activité, on la trouve toujours, avec des hématies de cheval, égale à 3, 4 ou 5 millièmes de centimètre cube [3].

Tous ces résultats sont absolument conformes à ceux obtenus avec le venin de Cobra. Les doses limites sont, dans les deux cas, du même ordre de grandeur minime qui exclut évidemment l'hypothèse d'une action lipasique banale.

2° *Extraction de l'hémolysine.* — Elle a été exactement calquée sur celle

---

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 790; t. 153, 1911, p. 81; t. 155, 1912, p. 1101. — Voir aussi *Thèse* de Mlle S. Ledebt (Faculté des Sciences, Paris, 1914).

(2) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. 15, 1914, p. 421-434.

(3) Ces doses correspondent à des quantités de venin qui peuvent descendre jusqu'à 3 dix-millièmes du venin d'une Scolopendre moyenne, ce qui écarte la possibilité d'une action directe du venin seul.

de la lysocithine, sous la direction et avec le concours obligeant de M. C. Delezenne.

Le venin de 7 Scolopendres est ajouté à 100^{cm^3} de vitellus (2 jaunes d'œuf étendus avec de l'eau salée physiologique) et le mélange est laissé 3 jours à l'étuve à 44°. La préparation est faite naturellement dans les meilleures conditions d'asepsie.

Le liquide est desséché dans le vide, la poudre obtenue épuisée par l'acétone à froid, séchée à nouveau puis épuisée par l'alcool absolu à la température ordinaire. L'addition de plusieurs volumes d'éther anhydre à la solution alcoolique filtrée détermine la formation d'un précipité qui, lavé à l'éther et desséché, se présente sous la forme d'une masse blanche très fortement hygroscopique. Les deux jaunes d'œuf ont donné 850^{mg} de substance.

Cette substance brute extraite possède un pouvoir hémolytique considérable : avec les hématies de cheval, la dose hémolytique limite est $0^{mg},03$, très voisine de celle de la lysocithine brute, non purifiée par recristallisations.

Au cours des opérations, nous avons pu constater diverses particularités : aspect final du mélange, modification de sa coagulabilité par la chaleur, rendement pondéral en hémolysine, marche de l'hémolyse, qui sont tout à fait analogues à celles que l'on observe lors de la préparation de la lysocithine [1].

Les quantités de venin dont je disposais ne m'ont point permis d'agir sur des masses plus grandes de vitellus, de façon à pouvoir purifier et analyser l'hémolysine. Je ne puis donc savoir pour le moment si sa constitution est ou non en tous points identique à celle de la lysocithine isolée par C. Delezenne et E. Fourneau. Mes essais me permettent néanmoins de formuler les conclusions suivantes :

Conclusions. — L'action hémolytique du venin de Scolopendre en présence de vitellus de Poule doit être rapportée à la formation, aux dépens du vitellus, d'une substance directement hémolytique produite par action catalytique du venin. Cette action catalytique est en tous points comparable à celle du venin de Cobra : la marche du phénomène est la même dans les deux cas.

L'hémolysine formée peut être isolée par les procédés d'extraction utilisés pour la lysocythine; elle possède une activité sensiblement égale à celle de la lysocithine au même degré de purification.

---

[1] Toutefois le produit obtenu a paru se différencier de la lysocithine brute par une consistance plus grasse et un aspect moins pulvérulent.

EMBRYOLOGIE. — *Le cerveau et la rétine des anencéphales.* Note de M. **Étienne Rabaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

S'appuyant sur l'étude d'un fœtus anencéphale, M. N.-A. Barbieri (¹) révoque en doute les faits relatifs à l'origine embryologique de la rétine : l'absence de cerveau et de nerf optique, s'opposant à la présence de la rétine, conduirait à admettre l'indépendance originelle de ces deux parties,

Les conclusions de M. Barbieri dépassent, et de beaucoup, les faits qu'il utilise. Les données embryologiques sont incontestables et la conception actuelle est solidement établie. La constitution des anencéphales ne la contredit nullement, il suffit de savoir à quoi correspond exactement l'état des centres nerveux chez ces fœtus.

La plupart d'entre eux sont entièrement dépourvus d'encéphale; à sa place, existe une masse de tissu vasculo-conjonctif tout à fait banal. Souvent aussi la moelle est remplacée par un tissu analogue. Mais cet état n'est pas primitif, il résulte de la destruction secondaire d'un névraxe préexistant.

On s'en assure, sans aucune discussion possible, en étudiant des fœtus anencéphales encore pourvus de moelle. Des coupes sériées, pratiquées en remontant à partir du *filum terminale*, montrent la propagation d'une inflammation méningée envahissant progressivement l'axe célébro-spinal, à partir de l'encéphale.

Tout à fait en bas, la moelle est intacte; la pie-mère épaissie renferme des vaisseaux nombreux, dilatés, gorgés de globules rouges et de leucocytes; la gaine conjonctive des tissus nerveux est épaissie. A mesure que l'on remonte vers l'encéphale, on voit augmenter l'épaississement de la pie-mère; on voit les vaisseaux se multiplier et tendre à former une gaine continue autour de la moelle. En même temps, la prolifération vasculaire tend à gagner vers le dehors. Plus haut, au niveau de la région dorsale, l'envahissement vasculaire gagne aussi vers la moelle, tandis que les vaisseaux intra-médullaires se multiplient. Les vaisseaux méningés qui pénètrent dans la moelle sont accompagnés de tissu conjonctif embryonnaire. En outre, des hémorragies intra-médullaires se produisent, formant des foyers multiples, et d'autant plus nombreux que le processus inflammatoire est plus accusé. Finalement, le tissu nerveux se trouve complètement

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1155.

étouffé et détruit, à la fois par la prolifération vasculo-conjonctive et par l'épanchement sanguin.

L'ensemble de ces faits anatomiques caractérise une méningite dont l'évolution se prolonge très au delà du terme habituel. Vivant en parasite sur l'organisme maternel, le fœtus résiste longtemps, en effet, à l'inflammation, de sorte que celle-ci passe des enveloppes au tissu nerveux lui-même et le détruit. Exceptionnellement, des vestiges de tissu cérébral subsistent au milieu du tissu de remplacement.

Partant du cerveau, entre le troisième et le sixième mois de la vie intra-utérine, l'inflammation s'étend aussi bien vers la moelle que vers les yeux. C'est elle dont M. Barbieri a vu les traces sur les nerfs optiques réduits à des « tubes » de fibres. La rétine elle-même n'est pas nécessairement indemne. Par contre, et d'une façon presque constante, le système sympathique demeure intact, si bien que l'on a pu observer des réactions de l'iris à la lumière.

Tous ces faits sont actuellement bien connus et relatés, notamment, dans un Mémoire publié en 1905 par la *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière* [1]. Il ne s'agit nullement d'un « arrêt de développement », ni d'une agénésie, ni d'une variation quelconque de l'ontogénèse, et l'on ne peut tirer de l'anencéphalie aucune indication touchant l'origine des parties du système nerveux.

ÉTHOLOGIE. — *Sur une perle fine aurifère.*

Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Dans les cours d'eau du Plateau Central, particulièrement dans ceux de la Margeride, on trouve assez communément encore des « Mulettes », ou Moules d'eaux douces perlières [2].

Les eaux où vivent ces Mollusques sont froides, vives, mais les Mulettes se réunissent de préférence dans des poches où le courant est moins violent et qui sont remplies de sable provenant de l'érosion de roches anciennes.

Dans les endroits les plus favorisés, on peut trouver une perle en ouvrant 100 à 200 Mulettes. Quelques-unes de ces perles ont une grosseur suffisante

(1) Étienne Rabaud, *Pathogénie de l'anencéphalie et de la pseudencéphalie (méningite fœtale)* (*Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, 1905).

(2) *Unio margaritifera* Retz, dont on a fait plusieurs genres ou espèces nouveaux : *Margaritifera Michaudi* Locard, *M. pyrenaïca* Bourguignat, etc.

et un assez bel orient pour être utilisées par les joailliers. Comme les perles des Pintadines ou Huîtres perlières marines, elles sont renfermées dans un sac, le « sac perlier ». Celui-ci a ordinairement son siège dans l'épaisseur d'une des lèvres du manteau, à l'extrémité d'un sillon perpendiculaire à l'axe de la charnière et prenant souvent naissance tout près de cette dernière. C'est à ce sillon que l'on reconnaît extérieurement les Mulettes qui renferment ou qui ont renfermé une perle.

La perle qui fait l'objet de cette Note a été recueillie à l'extrémité d'un de ces sillons près de l'ouverture de la coquille. La forme est ovoïde, elle possède un joli orient et une très légère coloration pourpre : son poids est de 40^{cg} et son plus grand diamètre est de 7^{mm}.

En l'examinant à la loupe, on a pu constater vers sa partie moyenne un point très brillant de couleur jaune donnant l'impression d'une paillette d'or. Celle-ci était solidement fixée au fond d'un petit sillon oblique intéressant les premières couches de la perle. Pour s'assurer s'il s'agissait bien d'une paillette d'or, il fallut l'extraire. Cette opération fut pratiquée par M. Ravaud, licencié es sciences, orfèvre expert et Président du tribunal de commerce de Toulon, qui constata qu'il s'agissait bien d'une paillette d'or.

Pour se fixer dans les couches superficielles de la perle, il avait fallu de toute nécessité qu'elle traversât le sac perlier par un mécanisme que nous ignorons mais qui dut être facilité par la situation de la perle sur une des lèvres du manteau.

Quant à l'origine de la paillette d'or, elle n'a rien de surprenant car on sait que les sables des cours d'eau du Plateau Central ont été exploités, principalement du temps des Romains, pour la récolte de l'or.

PROTISTOLOGIE. — *Évolution morphologique de spirochètes fécaux cultivés en bouillon-sérum de cheval.* Note de MM. G. **Delamare** et **Achitouv**, présentée par M. H. Vincent.

L'ensemencement de matières fécales fétides, riches en spironèmes, dans un milieu spécial constitué par 250^{cm^3} de bouillon ordinaire additionné de 5 pour 100 de sérum inactivé de cheval [1] et mis en communication avec un générateur d'HS^2 avant d'être scellé à la lampe, nous a permis d'obtenir

[1] *In vitro*, les sérums non inactivés de cheval et d'homme paraissent détruire assez vite les spirochètes fécaux qui, dans les mêmes conditions, résistent complètement à l'eau distillée et partiellement à la lessive de potasse.

une culture impure d'éléments spiralés qui, d'après leur morphologie, leur colorabilité, leur absence de cils, leur non-développement en milieux usuels n'étaient certainement pas des formes spirillaires de vibrions ou de vibriothrix. Cette culture a survécu plus de 5 mois, c'est-à-dire un peu plus longtemps que les *S. eurygyrata* cultivés par M. Hogue [1] en tubes paraffinés contenant du sérum de porc dilué dans l'eau salée, et de $P_H = 7$.

La question de savoir si les résultats de cet essai sont ou non accidentels ne pouvant actuellement qu'être réservée, nous nous bornerons à noter ici les renseignements recueillis sur l'évolution morphologique des spironèmes fécaux durant ces 5 mois d'existence en milieu nutritif artificiel. Pendant les 15 premiers jours, nous trouvons un nombre considérable de formes fines et courtes, entièrement comparables à celles des fèces. Ce sont des éléments de 4 à 8^{μ} sur $0^{\mu},3$; souvent en S ou en $\wedge$. Ils ont de 1 à 3 ondulations lâches, des extrémités inconstamment effilées et toujours dépourvues de flagelles. Leur colorabilité est inférieure à celle des microbes ordinaires; leur mobilité est vive mais s'arrête rapidement entre lame et lamelle. Ensuite, les formes en boucles ouvertes ou fermées apparaissent nombreuses. Au troisième mois, alors que les microbes ordinaires sont devenus très rares, on est frappé par la prédominance des formes plus longues, moins grêles, moins mobiles, à ondulations plus nombreuses, souvent très lâches, parfois à peine ébauchées ou franchement irrégulières. La longueur de ces formes vieilles n'excède toutefois pas 15 à 16^{μ}, le nombre de leurs ondulations, 4 à 5, chiffres très inférieurs à ceux qui sont enregistrés sur les éléments cultivés en sérum de porc, qui atteignent 52^{μ} et peuvent posséder une vingtaine de tours de spire (Hogue).

Nous n'avons vu que des divisions transversales; les corps coccoïdes nous ont paru faire complètement défaut. Tandis que les formes jeunes sont comparables à *S. eurygyrata*, les formes en boucle rappellent de très près *S. dysenteriæ* et les formes âgées sont morphologiquement indiscernables de *S. Vincenti*. Il suffit de se rappeler que les types jeunes de *S. Vincenti* ne sont ni moins grêles, ni moins courts, ni plus colorables que les types jeunes de *S. eurygyrata*, qu'ils affectent aussi volontiers les dispositions en S, en boucle, en ?, en peloton, qu'il leur arrive d'avoir des extrémités mousses, pour comprendre que l'on ait ramené ces espèces à une seule (*S. Vincenti*) et qu'on ait pu écrire :

S. dysenteriæ = *S. Vincenti* (Guiart, Abatucci) = *S. eurygyrata* (Brumpt, Castellani).

---

(1) *Journ. of Exper. Med.*, 1922, 1er décembre, vol. 36, p. 617, 626.

Après la suppression de *S. dysenteriæ* dont l'individualisation ne s'impose pas, il reste

S. Vincenti = *S. eurygyrata*,

le second membre étant la réplique intestinale du premier, comme *T. stenogyratum* est la réplique intestinale de *T. microdentium*. Quel que soit le sort réservé à ces identifications morphologiques lorsque la culture des germes en question sera entrée dans le domaine de la pratique courante, la symétrie des couples

S. Vincenti	*T. microdentium*
↓	↓
S. eurygyrata	*T. stenogyratum*

ne laisse pas d'être remarquable et il est, pour le moins, intéressant de noter que chacun des spirochètes buccaux est précisément pourvu d'un double intestinal regardé comme distinct, quoique homéomorphe.

MICROBIOLOGIE. — *Les Streptocoques chromogènes.*
Note de MM. **P. Durand** et **P. Giraud**, présentée par M. Roux.

Nous avons étudié des streptocoques chromogènes dont le pouvoir pigmentaire ne se déclanche que sous l'influence de facteurs déterminés et ne se manifeste qu'en l'absence d'oxygène.

Si l'on ensemence ces microbes en piqûre en gélose molle (gélose nutritive à 2,5 pour 1000 d'agar, additionnée de 1 pour 100 de fécule ou d'amidon), les colonies les plus profondes sont jaune clair au bout de 24 heures à 37°, puis la coloration se fonce et s'étend en hauteur; cependant les colonies les plus superficielles restent blanches.

A la surface de la gélose amylacée, le streptocoque ne produit pas de coloration, sauf si l'on empêche l'accès de l'oxygène (vide, pyrogallol en solution alcaline, huile de vaseline). L'adjonction d'huile, à une culture en surface sur agar à 2,5 pour 1000 amidonné à 0,5 ou 1 pour 100 permet d'obtenir au deuxième ou troisième jour des cultures très pigmentées de teinte ocre tirant sur le rouge.

En bouillon amylacé (fécule ou amidon à 0,5 pour 100), réparti en couche mince et aérée, la culture donne un dépôt microbien blanc; le dépôt est jaune après culture dans le vide ou dans un tube à essai vertical, bouché au coton, où l'accès de l'air n'a lieu que par une surface res-

treinte. Dans ce dernier cas, on peut admettre que les microbes des couches superficielles de la culture absorbent l'oxygène et permettent l'anaérobiose des couches profondes.

Le pigment adhère aux corps microbiens et ne diffuse ni dans le bouillon, ni dans la gélose.

Sur agar à la fécule sous huile, les colonies bien isolées sont la plupart colorées ; quelques-unes restent blanches d'abord, se teintent ensuite au centre, d'où le pigment gagnera toute la colonie. Colonies blanches et jaunes ne diffèrent que par la couleur et ont les mêmes caractères de morphologie, d'agglutination ou de fermentation des hydrates de carbone.

Une colonie jaune, repiquée sur gélose à la fécule sous huile, ne donne à peu près que des colonies jaunes, tant que le milieu contient plus de 1 pour 1 000 de fécule. Au-dessous de cette teneur, le pigment pâlit en même temps qu'augmente le nombre de colonies blanches ; avec une gélose à $\frac{1}{100\,000}$ de fécule, la coloration est encore très nette dans le plus grand nombre des colonies. L'appauvrissement en matière amylacée entraîne donc la diminution du pouvoir chromogène pour la plupart des germes, la disparition pour les autres.

Le retour d'une colonie blanche à l'état coloré est plus difficile. C'est seulement en laissant vieillir le repiquage d'une colonie blanche en gélose molle à la fécule que nous avons pu constater un retour partiel de la fonction pigmentaire.

La température n'a pas grande importance à condition de rester dans les limites où la culture du streptocoque est possible. La lumière diffuse atténue le pouvoir chromogène.

Nous n'avons jamais vu de pigmentation des microbes ensemencés sur gélose ou bouillon ordinaires à partir de cultures sur milieux au sang ou milieux analogues. Exceptionnellement des cultures chromogènes en gélose molle à la fécule, repiquées en bouillon ordinaire, ont donné un culot microbien coloré ; plus souvent, nous avons obtenu des cultures pigmentées en partant de microbes ayant subi plusieurs passages consécutifs en gélose fécule sous huile et repiqués en bouillon ordinaire ou sur gélose ordinaire sous huile.

On peut se demander si la matière amylacée est nécessaire à la production du pigment, ou bien si elle déclanche la fonction chromogène qui persiste ensuite en l'absence de l'hydrate de carbone. Après ensemencements successifs de très faibles quantités de cultures chromogènes dans de grandes masses de bouillon, nous avons vu une coloration intense des

streptocoques dans des tubes dont le dernier contenait bien moins de : 1/3200000000000000000000 pour 100 d'amidon. On peut en conclure que la présence d'amidon ou de fécule déclanche le pouvoir chromogène, qu'un taux supérieur à $\frac{1}{1000}$ favorise encore ce pouvoir, mais qu'une fois déclanché ce dernier peut continuer un certain temps en dehors de toute quantité appréciable d'hydrate de carbone.

La persistance du pouvoir chromogène augmente quand le microbe a été entraîné à pousser, sous huile, sur gélose à la fécule. Elle se maintient d'autant mieux que l'on repique les microbes sur milieux au glycogène, à l'inuline ou à la dextrine, incapables par eux-mêmes de provoquer la production du pigment. Les autres hydrates de carbone, non seulement n'ont aucun pouvoir favorisant, mais, ajoutés à un milieu amylacé, suppriment toute coloration du spectrocoque.

Le nombre de nos streptocopes chromogènes est de 8,8 pour 100 des streptocoques hémolytiques de notre collection (11 sur 125). Ils appartiennent aux origines les plus diverses : agents d'infections puerpérales parfois mortelles, de septicémies, de broncho-pneumonies, d'angine, de péritonites ; saprophytes isolés de crachats tuberculeux ou de lochies d'accouchées sans fièvre. L'un provient d'un rat. La plupart n'ont entre eux aucun rapport d'épidémiologie. Tous présentent les caractères ordinaires des streptocoques hémolytiques, ont une virulence parfois grande pour la souris. (Les passages répétés par cet animal n'ont pas modifié le pouvoir chromogène.)

Ils ferment tous la dextrine, le saccharose, le maltose, le tréhalose, le glucose, le lévulose, le galactose, la salicine et l'arbutine. Aucun n'agit sur le xylose, la dulcite, la mannite, la glycérine et l'amygdaline. Trois font virer les milieux lactosés.

Ils s'identifient donc, toutes réserves faites en ce quiconcerne la valeur d'un tel classement, les uns au *Streptoccus pyogènes* de Holmann et d'Andrews et Horder, les autres au *St. equi* d'Holmann, au *St. equinus* d'Andrews et Horder.

L'étude de l'agglutination et de la saturation des agglutinines a décelé parmi eux un groupe spécial et des unités distinctes, mais ils n'ont aucun rapport sérologique avec une trentaine d'échantillons de streptocoques hémolytiques non chromogènes qui nous ont servi à préparer des sérums agglutinants.

MÉDECINE. — *Conditions physico-chimiques de la vitalité microbienne.* Note de M. W. Kopaczewski, présentée par M. d'Arsonval.

L'étude des modifications physico-chimiques, apportées dans les milieux de culture par des différents microbes, n'a pas encore été faite. On a bien étudié les réactions chimiques qui s'y observent et des nombreuses méthodes de diagnostic différentiel, basées sur ces réactions, ont été préconisées. Ces temps derniers, certains auteurs se sont attachés à préciser certaines conditions physico-chimiques optimales, compatibles avec la vie de quelques microbes pathogènes. Mais les changements physiques que provoquent les microorganismes dans leur milieu en s'y développant, considérés en tant que variations de l'état colloïdal, n'ont pas été établis. Pourtant l'étude de ces changements pourra peut-être un jour donner la réponse à la question : « *Comment agissent les microbes?* » et *eo ipso* instituer une thérapeutique causale des maladies infectieuses. C'est cette étude que nous avons abordée.

Un certain nombre de microbes pathogènes, pneumocoques, staphylocoques, streptocoques, gonocoques, bacilles typhiques, dysentériques, colériques, etc. ont été ensemencés sur un bouillon ordinaire de culture, dont un échantillon a été conservé jusqu'à la fin de l'expérience. A des intervalles réguliers, on prélevait aseptiquement une certaine quantité de ce milieu ensemencé et, après avoir filtré ces cultures sur des bougies de Berkefeld, on établissait des modifications physico-chimiques qui y sont survenues :

1° *La tension superficielle*, mesurée par notre méthode tonométrique (¹);

2° *La viscosité* fixée au moyen de notre viscodensimètre (¹);

3° *La conductivité électrique* déterminée par la méthode classique de Kohlrausch (¹);

4° *La concentration en ions* H^+ (¹) par la méthode colorimétrique de Sörensen.

Voici les principaux résultats que nous avons obtenus :

(¹) Voir, pour les détails techniques, W. Kopaczewski, *Théorie et pratique des colloïdes*. Paris, 1923, Vigot, éditeur.

Microorganismes.	Tension superficielle. — Phases			Viscosité. — Phases			Conductivité électrique en 10^{-4}. — Phases			Concentration en ions H^+ [pH]. — Phases		
	Init.	Optim.	Term.	Init.	Optim.	Term.	Init.	Optim.	Term.	Init.	Optim.	Term.
Bouillon de cult. filtré.	**52,82**	»	**54,50**	**1,07**	»	**1,12**	**132,6**	»	**130,4**	6,5	»	6,6
Pneumocoque........	52,82	54,48	56,67	1,10	1,11	1,28	125,6	129,3	118,0	6,6	6,6	6,1
Streptocoque.........	53,06	54,48	55,12	1,05	1,12	1,16	131,1	135;8	126,9	6,3	6,3	6,1
Staphylocoque doré...	53,06	53,98	55,90	1,10	1,14	1,19	126,9	136,6	122,9	6,4	6,4	7,0
Gonocoque....	55,90	53,98	53,15	1,19	1,16	1,14	124,7	131,1	124,2	6,3	6,3	5,9
B. Coli.....	53,06	53,08	53,28	1,14	1,13	1,13	135,8	131,1	141,5	6,7	7,1	7,2
Vibrion cholérique....	53,90	53,41	57,23	1,14	1,13	1,13	120,4	129,8	141,5	6,1	6,7	7,9
B. anthracis........	53,39	53,44	55,14	1,10	1,15	1,19	125,5	135,8	132,6	6,3	6,2	6,3
B. pyocyanique.......	55,10	57,33	61,54	1,11	1,16	1,19	131,1	184,5	167,4	6,9	7,9	6,5
B. typhique..........	53,94	55,13	52,96	1,11	1,12	1,25	131,1	127,5	132,6	6,3	7,9	7,4
B. diphtérique.	54,53	53,08	54,98	1,14	1,13	1,13	122,9	131,1	136,6	6,7	6,1	7,0
B. Proteus vulgaris..	51,02	52,37	52,91	1,11	1,26	1,14	196,7	170,5	154,5	6,5	6,4	7,1
B. dysentérique	51,93	53,4	52,80	1,71	1,59	1,48	133,3	121,1	142,1	6,3	6,6	7,2

Il est plausible d'admettre que les mêmes modifications se produisent dans l'organisme vivant; les résultats obtenus comportent donc des conclusions intéressantes :

1° *Spécificité physique des microbes.* — Chaque microbe ou tout au moins chaque groupe microbien provoque dans son milieu de culture des modifications qui lui sont propres.

2° *Vieillissement des cultures microbiennes.* — Tous les microorganismes étudiés produisent dans leur milieu de culture des modifications physiques telles, qu'elles rendent leur développement consécutif impossible : modifications notables de la tension superficielle et variation de la concentration en ions H^+. Ces modifications doivent nécessairement amener, soit l'agglutination de microorganismes (augmentation de la tension superficielle) et puis, par les changements de la perméabilité membraneuse (variations de la concentration en ions H^+), une lyse consécutive, soit une lyse d'emblée (baisse de la tension superficielle).

3° *Antagonisme microbien.* — L'étude des modifications physico-chimiques de la vitalité microbienne permet d'expliquer des cas nombreux d'antagonisme qui ont été signalés dans les multiples observations cliniques. Citons l'antagonisme entre le bacille pyocyanique, le staphylocoque et le streptocoque, entre le bacille typhique ou *proteus vulgaris* et *anthracis*, entre le bacille *proteus vulgaris* et bacille lactique, et bien d'autres.

4° *Mode d'action des microbes.* — Les modifications physico-chimiques, apportées dans le milieu de culture des microbes, considérées en tant que variations, soit du degré de dispersion des colloïdes des humeurs organiques, soit du degré de la perméabilité des membranes cellulaires, peuvent expliquer le mécanisme des processus pathologiques infectieux. L'augmentation de la tension superficielle (pneumocoque, vib. cholérique, b. diphtérique, etc.) en provoquant une agglutination de microbes doit nécessairement avoir comme une autre conséquence une diminution du degré de dispersion des colloïdes (floculation). Toute modification de la concentration en ions H^+ (b. dysentérique, diphtérique, typhique, vib. cholérique, etc.) se répercutera sur le degré du gonflement des gels colloïdaux et nécessairement sur le degré de leur perméabilité.

L'importance de ces recherches que nous poursuivons activement ne peut plus échapper à personne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le pouvoir floculant et sur les propriétés immunisantes d'une toxine diphtérique rendue anatoxique (anatoxine).* Note [1] de M. G. RAMON, présentée par M. Roux.

Nous avons fait connaître [2] qu'une toxine diphtérique qui, sous certaines influences, a perdu complètement son pouvoir toxique vis-à-vis des animaux, peut conserver son pouvoir floculant vis-à-vis de l'antitoxine.

Il y avait lieu de se demander si cette toxine nullement nocive mais encore floculante que nous nous proposons d'appeler « anatoxine diphtérique » peut encore se montrer antigène *in vivo*; autrement dit, si injectée à un organisme vivant elle est encore capable et dans quelle mesure de l'immuniser et de provoquer en lui la forme d'antitoxine.

Injectons donc sous la peau d'un certain nombre de cobayes, 1^{cm^3} d'une telle toxine qui tuait au moment de sa filtration un cobaye de 300^g à la dose de $\frac{1}{800}$ de centimètre cube, et qui, après avoir subi, par exemple, l'action combinée de la chaleur et du formol, ne provoque plus chez l'animal d'expérience ni lésions locales, ni symptômes généraux précoces ou tardifs d'intoxication diphtérique même à la dose de plusieurs centimètres cubes, mais flocule toujours en présence de la même quantité d'antitoxine [3].

---

[1] Séance du 3 décembre 1923.

[2] *C. R. Soc. Biologie*, séance du 2 juin 1923.

[3] Avec seulement un peu de retard dans l'apparition de la floculation.

Quinze à dix-huit jours après cette injection unique les cobayes résistent déjà à plusieurs doses mortelles; au bout d'un mois ils supportent de 50 à 100 doses mortelles et plus. Si à ce moment au lieu d'éprouver ainsi ces animaux nous leur injectons à nouveau 1^{cm^3} d'anatoxine, ils résistent, dix jours après cette seconde injection, à un millier et même à plusieurs milliers de doses mortelles pour des cobayes témoins. Ces chiffres paraissent encore plus démonstratifs du degré de l'immunité atteint, lorsque l'on sait que l'immunisation antidiphtérique du cobaye est presque impossible avec le poison diphtérique simplement dilué, difficile avec l'ancienne méthode des mélanges toxine-liqueur de Gram, très lente et assez inconstante avec les mélanges toxine-antitoxine.

Pour juger de la production d'antitoxine et pour en suivre plus commodément le développement adressons-nous au cheval qui se prête facilement à des prélèvements de sang fréquents et abondants et qui se montre en général bon producteur d'antitoxine diphtérique. Injectons donc à un cheval neuf, à 7 jours d'intervalle, 1^{cm^3} puis 3^{cm^3} d'anatoxine diphtérique. Cinq jours après la deuxième injection son sérum titre déjà 6 unités d'Ehrlich au centimètre cube, c'est-à-dire que 4^{cm^3} d'anatoxine diphtérique ont provoqué en 12 jours, dans l'organisme du cheval une telle formation d'antitoxine que 1^{cm^3} du sérum de cet animal est capable de neutraliser 600 doses mortelles pour le cobaye. En injectant périodiquement au cheval des quantités d'anatoxine de plus en plus grandes on constate une augmentation progressive et continue de la production d'antitoxine.

De très nombreux essais comparatifs de floculation *in vitro* et d'immunisation *in vivo* (sur le cobaye en particulier) nous ont montré qu'une anatoxine se montre d'autant plus immunisante qu'elle flocule en présence d'une plus grande quantité d'antitoxine et plus rapidement : l'activité floculante peut servir à mesurer le pouvoir immunisant. Ajoutons qu'une toxine qui a perdu et son pouvoir toxique et son pouvoir floculant ne possède plus aucun pouvoir antigène *in vivo* (1).

Ainsi une toxine dont la nocivité est complètement abolie, mais dont l'aptitude à floculer en présence d'antitoxine n'a pas sensiblement varié,

(1) C'est le cas d'une toxine chauffée au-dessus de 50° par exemple; c'est aussi le cas d'une toxine mélangée à une proportion de liquide de Gram un peu trop forte, etc. Ceci explique l'insuccès des tentatives effectuées et l'inconstance des résultats obtenus par de nombreux auteurs.

peut engendrer une immunité et une production d'antitoxine dont les résultats qui précèdent permettent d'apprécier toute la valeur.

Cette anatoxine trouve naturellement son emploi dans l'immunisation et l'hyperimmunisation des animaux; de plus, grâce à son inocuité et au degré très élevé d'immunité qu'elle confère elle paraît également indiquée pour la vaccination antidiphtérique de l'enfant ([1]).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réaction de la Cornée vis-à-vis de l'infection expérimentale du névraxe par les virus de l'herpès et de la vaccine.* Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Les travaux de Loewenstein et d'autres expérimentateurs qui ont étudié le même sujet ont établi que, chez le lapin, l'infection herpétique d'une cornée n'entraîne pas, après sa guérison, l'immunité de l'autre cornée. Or, nous avons précédemment démontré que l'infection herpétique d'une cornée entraîne l'immunité du névraxe.

Des constatations analogues ont été faites avec le virus de la vaccine. Plusieurs expérimentateurs, dont Sato, ont reconnu l'indépendance des deux cornées, l'une vis-à-vis de l'autre ([2]). Levaditi a prouvé que, chez le lapin, l'infection vaccinale de la cornée, propagée au cerveau (*neuro vaccine*), confère l'immunité au névraxe. Nous-mêmes avons montré que cette immunité de névraxe pouvait être obtenue avec du vaccin d'origine cutanée (*dermovaccin*) et que, de plus, quel que soit le virus vaccinal employé, il était facile de mettre ce virus en évidence dans le cerveau des lapins inoculés sur la cornée.

Tous ces faits tendent à établir que l'infection cornéenne se transmet au cerveau et que, s'il y a survie. il en résulte l'état réfractaire du névraxe.

([1]) L'injection dans le tissu cellulaire sous-cutané de $0^{cm^3},25$ d'anatoxine diphtérique, pratiquée sur moi-même, a déterminé une rougeur locale passagère sans aucune autre réaction soit locale, soit générale. Des expériences encore en cours nous permettent d'affirmer dès maintenant que ce que nous venons de dire de la toxine diphtérique est applicable avec quelques modifications de détails, à d'autres toxines : la toxine tétanique en particulier.

([2]) Doerr pour l'herpès, et Sato pour la vaccine, tout en reconnaissant que l'œil non inoculé reste sensible, ont vu que cette sensibilité est moindre que celle de la cornée d'un animal neuf. Nous proposerons ailleurs une explication de ces faits.

Mais ils n'expliquent pas comment il se fait que la cornée non directement infectée reste sensible. Il y a là un curieux phénomène dont les expériences dont nous relatons aujourd'hui les résultats établissent la réalité.

Nous nous sommes d'abord demandé si, au cours de l'infection directe du névraxe, il était possible de déceler le virus sur la cornée. A cet effet nous avons inoculé des lapins sous la dure-mère, les uns avec une émulsion de cerveaux de lapins ayant succombé à l'encéphalite herpétique (virus d'herpès génital et virus d'herpès labial), les autres avec une émulsion de cerveaux de lapins morts d'encéphalite vaccinale. Deux jours après, alors que nos animaux présentaient une forte élévation de température, nous avons scarifié les deux cornées. Le lendemain, il y avait une forte kérato-conjonctivite purulente. Nous utilisions ce pus pour inoculer des lapins neufs sur l'un ou sur les deux yeux. Ces animaux ont fait de la kerato-conjonctivite avec encéphalite consécutive, généralement mortelle.

Il est donc évident que l'infection primitive du névraxe se propage aux deux cornées, aussi bien avec le virus vaccinal qu'avec le virus herpétique.

Nous avons cherché ensuite si l'infection du névraxe confère l'immunité aux cornées. Nous avons utilisé à cet effet des lapins qui avaient résisté à l'infection sous-dure-mérienne de virus herpétique ou vaccinal (*neuro* et *dermo-vaccin*). Ces animaux, inoculés sur les deux cornées, ont fait une réaction locale typique dont le produit de grattage transmettait l'infection caractéristique à d'autres lapins inoculés sur la cornée.

De nos expériences nous devons donc tirer les deux conclusions suivantes, qui sont également vraies pour les virus de l'*herpès* et de la *vaccine* :

1° L'infection du névraxe ne détermine pas de lésions oculaires, et pourtant le virus existe et peut être décelé sur les deux cornées et les conjonctives;

2° Au cours de l'infection du névraxe, bien que le virus soit présent dans les cornées et dans les conjonctives, aucune immunité locale n'est conférée à ces tissus.

MÉDECINE. — *De l'action du radium sur le sarcome infectieux du poulet.* Note de M. A. **Peyron**, présentée par M. Quénu.

Les divers auteurs (Rous en Amérique, Bentimalli en Italie) qui ont tenté jusqu'ici d'enrayer à l'aide du radium le développement de la tumeur infectieuse du coq, ont échoué. Ils utilisaient pour ces essais la tumeur,

déterminée par greffe à l'intérieur du muscle pectoral, qui est ordinairement volumineuse, à marche rapide, entraîne des désordres anatomiques considérables, et correspond, ainsi que je l'ai montré antérieurement, à une réaction souvent complexe du tissu conjonctif et des fibres musculaires. J'ai préféré expérimenter sur des greffes développées dans la bajoue et provenant de tumeurs pectorales. Cette méthode, que mes prédécesseurs n'avaient pas songé à utiliser, permet de suivre facilement les variations de volume de la tumeur, de l'extirper sans difficulté et surtout de la transpercer à l'aide d'aiguilles chargées d'émanations de radium. J'ai pu à l'aide de ces aiguilles étudier depuis deux ans les modifications de la tumeur sous l'influence du radium.

Ordinairement la greffe de la tumeur intra-pectorale dans les bajoues se traduit entre le huitième et le quinzième jour, par l'apparition d'un nodule atteignant les dimensions d'une petite noisette vers la troisième ou quatrième semaine, sans ulcérer les téguments qu'il déplisse. Lorsqu'il présente le volume approximatif de 1^{cm^3}, on y introduit une aiguille d'une longueur moyenne de 2^{cm} et dont l'épaisseur varie de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$.

Jusqu'ici, 27 animaux ont ainsi reçu une dose allant de 1,30 millicurie à 3,20 millicuries et répartis sur une durée de 4 à 9 jours suivant les séries. L'enlèvement de l'aiguille ne donne lieu d'ailleurs à aucune difficulté. Dans la semaine qui le suit, et parfois dès le deuxième jour, la tumeur présente une diminution de volume correspondant à la résorption des éléments cellulaires atteints de nécrose. Dans certains cas, cet affaissement n'est que temporaire, dans d'autres il fait défaut, souvent même on observe une poussée assez brusque d'accroissement (six cas) pouvant coïncider avec une généralisation viscérale. Toutefois sur la moitié des animaux jusqu'ici traités, l'affaissement de la tumeur (allant parfois jusqu'à sa disparition) s'est poursuivi jusqu'à 2 à 6 semaines au bout desquelles l'évolution a été variable. Dans la moitié des cas de ce groupe, la mort est survenue après un amaigrissement plus ou moins rapide et prolongé qui m'a paru déterminé par la résorption toxique d'un matériel cellulaire nécrosé (cinq cas nets avec absence de métastases vérifiée à l'autopsie). Dans la seconde moitié de ce même groupe, la survie a pu atteindre ou dépasser le quatrième mois. Ce sont les cas les plus intéressants correspondant aux séries les plus récentes pour lesquelles la technique fut modifiée.

J'utilisai jusqu'alors des doses n'atteignant pas en moyenne 1,5 millicurie et réparties sur 4 jours. J'ai passé ensuite à 2 millicuries et 2,5 millicuries répartis sur 5 à 9 jours et en employant des aiguilles de $0^{mm},3$ au lieu de

$0^{mm},4$. Cette dernière modification est d'importance plutôt secondaire. J'ai ainsi augmenté légèrement la dose initiale et surtout diminué considérablement l'intensité de rayonnement. C'est à cette dernière modification que je rapporte l'amélioration des résultats obtenus. Sur 6 cas de survie dépassant 4 mois, 5 proviennent de dix animaux, ayant eu ainsi une application prolongée. Sur ces six animaux, deux survivent après 13 et 12 mois. Le dernier présentant depuis 7 semaines une petite récidive à marche très lente du volume actuel d'un petit pois, — deux moururent au bout de 8 mois et 7 mois et demi, après l'amaigrissement progressif de cause toxique précédemment signalé, — deux succombèrent aux suites d'une récidive locale tardive (dans ces chiffres ne sont pas pas compris les 4 semaines s'écoulant entre la greffe et l'application des aiguilles). Pour comparer (d'une façon approximative) la durée de ces survies à l'évolution des sarcomes de l'homme, il conviendrait de multiplier les chiffres par un coefficient variant de 6 à 10, car l'évolution normale du sarcome du coq ne s'étend pas au delà de 6 à 8 semaines.

Ces premiers résultats présentent un intérêt spécial en regard des notions jusqu'ici admises sur l'inefficacité du radium vis-à-vis de l'élément infectieux éventuel des sarcomes. Les travaux des auteurs américains et mes propres recherches de vérification ont montré qu'un filtrat de sarcome infectieux du coq renfermant le virus et dans lequel on maintient pendant plusieurs jours une aiguille chargée d'émanation, garde toute sa virulence.

L'action du radium ne devrait donc théoriquement s'exercer que sur l'élément cellulaire et être par suite insuffisante à entraver l'évolution de la tumeur qui reste déterminée par le virus. La survie prolongée d'un quart des animaux traités montre déjà que sur la tumeur laissée en place, les résultats sont plus favorables sans doute parce que les actions d'ordre cellulaire ou humoral diffèrent de celles de l'expérimentation *in vitro*.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1923.

Cours d'astronomie; seconde Partie : *Astronomie pratique*, par H. Andoyer et A. Lambert. Paris, J. Hermann, 1924; 1 vol. 25^{cm}.

Chimie toxicologique, par J. Ogier et E. Kohn-Abrest. Paris, Gaston Doin, 1924; 2 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

The vegetation and soils of Africa, par H. L. Shantz et C. F. Marbut. New-York, National research council and American geographical Society, 1923; 1 vol. et 1 cartonnier 21^{cm}. (Présentés par M. de Margerie.)

La guerre chimique et les usines de matières colorantes, par Henri Le Wita. Paris, *Revue des Produits chimiques*, 1923; 1 fasc. 23^{cm},5.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par Albert Ier, Prince souverain de Monaco; fascicule LXV : *Études d'anatomie comparée sur les poissons provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco* (2e Partie), par Joseph Nusbaum-Hilarowicz. Imprimerie de Monaco, 1923; 1 vol. 43^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Recherches anatomiques sur l'appareil génito-urinaire mâle du Mesoplodon et des Cétacés en général, par R. Anthony. Madrid, 1922; 1 vol. 43^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Faune de France : cinq polychètes errantes, par Pierre Fauvel. Paris, Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Les oiseaux : oiseaux chanteurs, par Delamarre de Monchaux. Paris, Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 16^{cm}. (Présenté par M. Marchal.)

Les systèmes nuageux, par Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé. Paris, Étienne Chiron, 1923; 1 vol. et 2 cartonniers 46^{cm}. (Présentés par M. R. Bourgeois.)

(*A suivre.*)

N° 24.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 10 Décembre 1923)

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Pages.

M. E.-L. Bouvier est élu vice-président pour l'année 1924 1253

MM. P. Appell et L. Guignard sont réélus Membres des Commissions administratives. 1253

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

M. le Président annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Noël la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 26 décembre au lieu du lundi 24 1253

M. le Ministre de l'Instruction publique adresse ampliation du décret approuvant l'élection de M. *Aimé Cotton* pour occuper, dans la Section de Physique générale, la place vacante par le décès de M. *J. Violle* 1253

M. A. Haller dépose sur le bureau de l'Académie un volume intitulé : « Analyse spectrale appliquée aux recherches de Chimie minérale » 1254

M. L. Lecornu. — Sur la torsion des arbres de transmission 1254

M. Marcel Brillouin. — Tenseur d'agitation moyenne. Conductibilité et dissipation de l'énergie d'agitation 1257

M. Charles Richet. — Antiseptiques réguliers et irréguliers 1262

MM. C. Camichel et M. Ricaud. — Sur les régimes hydrauliques 1265

M. Émile Borel fait hommage à l'Académie de la troisième édition de ses « Éléments de la Théorie des Probabilités » 1268

M. E.-L. Bouvier fait hommage à l'Académie d'un mémoire dans lequel il a esquissé le travail d'*Alphonse Milne-Edwards* 1268

ÉLECTIONS.

M. M. Brillouin est élu Membre du Conseil d'administration de la Fondation Edmond de Rothschild, en remplacement de M. *Violle*, décédé 1268

Sir Charles Scott Sherrington est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de Sir *Patrick Manson*, décédé 1268

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 1269

MM. Walter S. Adams, Henri Chipart, W. Bell Dawson, Pierre Girard, Pierre Lobel, Marc Tiffeneau adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux 1269

M. B. Hostinsky. — Le problème du minimum absolu qui se rattache à la réflexion de la lumière sur une surface du second degré 1269

M. Mandelbrojt. — Quelques théorèmes sur les séries entières 1271

MM. Paul Alexandroff et Paul Urysohn. — Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une classe $(\mathfrak{L})$ soit une classe $(\mathfrak{D})$ 1274

M. G. Darmois. — Sur le problème intérieur dans le cas d'un espace temps courbe à symétrie sphérique 1276

N° 24.

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

CORRESPONDANCE (*suite*)

	Pages.
M. D. Riabouchinski. — Sur les cavitations et la résistance des fluides	1278
M. P. Chofardet. — Observations de la comète 1923 c (Reid), faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon	1281
M. J. Shokalsky. — Les courants superficiels de la mer Polaire du Nord	1281
M. C.-E. Guye. — Sur la rotation spontanée de la décharge électrique	1282
M. F. Croze. — Sur les rapports des raies ultimes et des raies de résonance dans les spectres qui comprennent plusieurs systèmes de séries	1285
MM. E. Carrière et M. Auméras. — Étude expérimentale de l'équilibre du système oxalate de calcium — acide chlorhydrique étendu	1288
M. Camille Matignon. — Action des températures élevées sur quelques substances réfractaires	1290
MM. A. Bouzat et E. Chauvenet. — Chaleurs de dissolution et de formation des chlorures doubles : $CuCl^2, 2KCl, 2H^2O$, $CuCl^2, 2RbCl, 2H^2O$, $CuCl^2, 2CsCl, 2H^2O$, et des sels anhydres correspondants	1293
MM. C. Chéneveau et R. Boussu. — Sur le dosage du calcium par la méthode opacimétrique	1296
M. Paul Pascal. — Sur les hexamétaphosphates	1298
Mlle Germaine Marchal. — Action de la silice et de l'alumine sur le sulfate de chaux	1300
M. V. Auger. — Solubilité de l'acide titanique dans les alcalis et dans les carbonates alcalins. Oxychlorure de titane cristallisé	1302
M. Paul Robin. — Sur les chloramidines	1304
M. E. Luce. — Sur la production d'acétone par action de l'acétate de potassium sur l'anhydride acétique	1306
MM. G. Malfitano et M. Catoire. — Solubilité et insolubilité de l'amidon	1309
MM. Léon Bertrand et Léonce Joleaud. — Sur les terrains permiens et triasiques de l'Ouest de Madagascar	1311
MM. L. Dangeard et M. Solignac. — Sur la nature géologique du Banc des Esquerquis (d'après les dragages du « Pourquoi-Pas? » effectués au mois de juin 1923 en Méditerranée occidentale)	1314
Mlle Eugénie Bellemin. — Sur un essai de sondage optique de l'atmosphère effectué à l'Observatoire de Lyon	1316
MM. I. Pouget et D. Chouchak. — Composition chimique de trois sources radioactives d'Algérie	1319
M. J. Pelosse. — Contribution à l'étude du régime thermique du lac du Bourget (Savoie)	1321
M. Henry. — Sur un actinomètre thermoélectrique enregistreur	1323
M. Robert Lévy. — Sur le mécanisme de l'hémolyse par le venin de Scolopendre	1326
M. Étienne Rabaud. — Le cerveau et la rétine des anencéphales	1329
M. Raphaël Dubois. — Sur une perle fine aurifère	1330
MM. G. Delamare et Achitouv. — Évolution morphologique de spirochètes fécaux cultivés en bouillon-sérum de cheval	1331
MM. P. Durand et P. Giraud. — Les streptocoques chromogènes	1333
M. W. Kopaczewski. — Conditions physicochimiques de la vitalité microbienne	1336
M. G. Ramon. — Sur le pouvoir floculant et sur les propriétés immunisantes d'une toxine diphtérique rendue atoxique (anatoxine)	1338
MM. Georges Blanc et J. Caminopetros. — Réaction de la cornée vis-à-vis de l'infection expérimentale du névraxe par les virus de l'herpès et de la vaccine	1340
M. A. Peyron. — De l'action du radium sur le sarcome infectieux du poulet	1341
Bulletin bibliographique	1344

70755 — 12-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie
Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier

1923

DEUXIEME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 25 (17 Décembre 1923).

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 17 DÉCEMBRE 1923.

PRÉSIDÉE PAR M. ALBIN HALLER.

En ouvrant la séance M. **Albin Haller** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

En cette fin d'année, la tâche qui incombe à votre Président est une tâche dictée tout à la fois par des regrets et par des espérances.

Nos regrets s'adressent aux confrères disparus, à ceux dont le labeur fécond a enrichi nos connaissances, et qui, à des titres divers, ont fait honneur à l'humanité, à leurs pays respectifs et à notre Compagnie.

Depuis sa dernière séance solennelle, l'Académie a été frappée dans cinq de ses membres, dans un de ses associés et dans quatre de ses correspondants.

Le 30 décembre 1922, elle a rendu ses derniers devoirs à M. **Gaston Bonnier**, membre de la Section de Botanique, dont l'œuvre s'échelonne sur une période de plus de quarante ans.

Depuis son premier travail, relatif aux nectaires envisagés au double point de vue anatomique et physiologique, M. Gaston Bonnier a poursuivi avec une activité qui ne s'est jamais ralentie, soit seul, soit en collaboration, une série de recherches qui ont illustré la chaire qu'il occupait à la Sorbonne depuis 1897.

Avec M. Van Tieghem, M. Gaston Bonnier a étudié l'action du froid, ou d'atmosphères de compositions variées, sur la graine.

Avec notre confrère, M. Mangin, ce sont des recherches sur les échanges de gaz et de vapeur d'eau chez les champignons ou chez les végétaux supérieurs à chlorophylle.

Après avoir tenté de mesurer le bilan thermique des végétaux aux différents stades de leur développement, il s'est ensuite occupé de la synthèse des lichens en cultivant, dans un milieu privé de germes, un mélange de

spores pures et d'algues ne provenant pas immédiatement d'une association lichénique.

A partir de 1897, il orienta ses recherches en vue d'établir les modifications qu'éprouvent les plantes à des altitudes et sous des climats divers, ou encore sous l'influence de la lumière électrique. Ces études poursuivies pendant de longues années sur 165 espèces différentes, à des altitudes variant de 50 à 2400 mètres au-dessus du niveau de la mer, dans les Alpes et les Pyrénées « ont ouvert pour la science, un nouveau chapitre, celui de la morphologie expérimentale, et permit d'établir une séparation entre les caractères d'adaptation rapide et ceux qu'on appelle héréditaires » ?.

Signalons enfin un dernier travail relatif au développement de l'appareil vasculaire dans les végétaux supérieurs, et nous aurons un aperçu de l'œuvre originale et impérissable de notre regretté confrère. A cette œuvre s'ajoute la publication de nombreux ouvrages didactiques et des créations comme celles du laboratoire des sciences naturelles de l'École Normale supérieure, et du laboratoire de biologie végétale de Fontainebleau, organismes vivants, constamment en gestation de recherches nouvelles grâce à l'attirance que Gaston Bonnier exerçait sur ses élèves et la bonne grâce qu'il mettait à les encourager et à les seconder dans leurs recherches.

C'est à Fixin, près de Dijon, que s'est éteint dans sa 82e année, M. **Jules Violle**, doyen de la Section de Physique.

Successivement professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble et de Lyon, puis maître de Conférences à l'École Normale supérieure, notre regretté confrère fut nommé, en 1891, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

M. Violle débuta dans la recherche par un travail sur l'équivalent mécanique de la calorie à l'aide d'une méthode aussi nouvelle qu'ingénieuse.

Il consacra ensuite plusieurs années à la détermination de la constante solaire et de l'absorption atmosphérique. Il imagina, à cet effet, un actinomètre de grande précision qui lui permit de faire des mesures sur les hauts sommets des Alpes, voire même sur le mont Blanc, puis deux ans plus tard, en 1877, en plein été, à Lagouhat, dans le Sahara.

Fidèle à son sujet, M. Violle compara le rayonnement solaire à celui des coulées d'acier et de bains de platine en fusion. Cette comparaison lui permit de montrer que la température moyenne de la surface solaire ne dépasse pas quelques milliers de degrés.

Poursuivant ses recherches sur les hautes températures, il imagina un four électrique de grande puissance, mesura la température du cratère positif, et put dès lors évaluer celle, plus élevée encore, de la flamme jaillissant de ce cratère.

La précision avec laquelle il détermina plus tard les points de fusion de l'or, du palladium et du platine a eu pour conséquence l'adoption, en 1884, par la Conférence Internationale d'Électricité, comme étalon de la lumière, l'unité de surface de platine fondu à sa température de solidification, étalon auquel le nom de Violle restera toujours attaché.

Parmi les autres recherches dues à l'habileté et à l'ingéniosité de M. Violle, il convient de citer ses expériences sur la « vitesse de propagation du son, la déformation progressive des fronts d'onde et la dispersion des sons complexe dans un milieu limité ».

Notre confrère laisse une œuvre importante, non par la variété des sujets abordés, mais par la rigueur et la haute portée des résultats obtenus dans le champ de recherches qu'il s'était réservé. Pas plus que les méthodes imaginées, aucun de ces résultats n'a été controuvé ou atteint par les années. Ils gardent encore actuellement et garderont à travers les âges toute leur valeur.

Avec M. **Charles de Freycinet** décédé à l'âge de 94 ans, l'Académie a perdu son doyen au double point de vue de l'âge et de l'ancienneté parmi ses confrères. Il appartenait en effet à notre division des Académiciens libres depuis l'année 1882.

Les nombreux travaux que M. de Freycinet a publiés au cours de sa féconde carrière de savant, d'ingénieur et d'administrateur, revêtent, suivant les circonstances, un caractère purement théorique ou un caractère nettement pratique.

Son œuvre théorique comprend un Traité de *Mécanique rationnelle*, un volume sur l'*Analyse infinitésimale : étude de la métaphysique du haut calcul réédité en* 1881.

Dans le domaine de l'observation et de l'application, son *étude géologique du bassin de l'Adour*, celle relative *aux pentes économiques des chemins de fer*, ses nombreux rapports sur l'*assainissement industriel et municipal* en Angleterre, en Belgique, en Prusse et en France, ceux sur les *travaux des enfants et des femmes dans le Royaume Uni*, son *Traité d'assainissement industriel*, constituent de véritables monographies dans lesquelles l'auteur a consigné les résultats d'enquêtes et de missions, avec toutes les conclu-

sions pratiques qu'ils suggèrent. Les mesures préconisées par M. de Freycinet ont reçu la sanction des pouvoirs publics et sont, à l'heure présente, à la base de notre législation sanitaire et sociale. Cet immense labeur voué à des contingences de premier ordre ont, sans aucun doute, puissamment contribué à asseoir l'autorité de notre regretté confrère comme organisateur de la Défense nationale en 1870 et, dans la suite, comme Ministre et homme de Gouvernement.

La finesse de son esprit, l'aménité de son caractère, son inaltérable dévouement à l'égard de son pays lui ont valu la sympathie respectueuse de tous ses confrères.

Le comte **Antoine, Alfred, Arnaud, Xavier, Louis de Gramont**, né à Paris, le 21 avril 1861, mort à Savennières (Maine-et-Loire), le 31 octobre dernier, appartenait également à la division des Académiciens libres, depuis le 9 juin 1913.

De bonne heure spécialisé dans la spectroscopie, notre confrère a brillamment continué les traditions établies en France par Salet et Lecocq de Boisbaudran. Il a enrichi ce domaine de l'investigation non seulement par des perfectionnements introduits dans les instruments de mesure, mais encore par les méthodes nouvelles imaginées et les observations réalisées.

Celle de ces méthodes qui l'a conduit à l'étude des *spectres de dissociation* a été particulièrement féconde en résultats. Elle lui a permis d'obtenir un spectre complexe où tous les éléments constitutifs du minéral ou du sel fondu sont libérés et donnent chacun indépendamment leur spectre de ligne individuel, leur état civil spectroscopique.

Cette méthode ne fut pas seulement essayée dans la partie visible du spectre, mais elle fut étendue, par les procédés photographiques à toute la région ultraviolette que l'air n'arrête pas. Les raies ultimes ainsi caractérisées ont permis à M. de Gramont de trouver leur répartition dans le spectre des diverses régions du Soleil et dans les spectres stellaires. Nombreuses sont les applications auxquelles a donné lieu la précision apportée dans les déterminations faites par l'auteur.

L'analyse spectrale quantitative de certains minéraux, des aciers et d'autres alliages est de ce nombre.

Citons encore la découverte du zinc dans les cendres du venin des serpents et les conséquences qu'en a pu tirer M. Delézennes sur l'influence de ce métal sur la nocivité de ce venin.

Toutes ces méthodes, toutes ces recherches ainsi que les instruments qui ont servi aux mesures, ont été décrites dans l'Ouvrage *Analyse spectrale appliquée aux recherches minérales*, publié en son nom et en celui de M. Lecocq de Boisbaudran, auquel M. de Gramont a tenu à rendre un pieux hommage. On peut considérer cet Ouvrage comme son testament scientifique, car il y a donné la dernière main avant sa mort.

Gentilhomme accompli, notre regretté confrère avait une bonté discrète, une grande générosité d'esprit et de cœur, et un souci permanent d'être utile à la science et à son pays.

M. **Maurice Leblanc** décédé le 27 octobre 1923, dans sa 66[e] annnée, était le doyen de notre nouvelle division des applications de la science à l'industrie. Il y fut élu le 18 novembre 1918.

Comme beaucoup de ses camarades, M. Maurice Leblanc, à sa sortie de l'École Polytechnique en 1878, embrassa la carrière d'ingénieur, et entra au service de la Compagnie du Chemin de fer de l'Est, puis huit ans plus tard à celui d'une grande société privée.

Dix ans aprés ces débuts, obéissant à sa véritable vocation d'inventeur et de réalisateur, il se consacra entièrement aux applications de la Science à l'Industrie.

Ainsi qu'il l'a déclaré lui-même, « ce qui caractérise ma méthode de travail, c'est que : toutes les fois que j'ai abordé un problème industriel, je l'ai traité comme un problème de Mécanique rationnelle ou de Physique, sans me préoccuper des solutions existantes, s'il en comportait, en n'utilisant que des connaissances générales et non des connaissances particulières ».

Rien dans son œuvre n'est dû au hasard. Elle repose entièrement sur des fondements solides et présente, dans son ensemble, une belle ordonnance.

Ses études d'électromécanique aboutirent à l'invention des *circuits amortisseurs*, à celle du *transformateur de fréquence et de tension*, pour transformer les courants alternatifs en courant continu ou réciproquement; à celle des appareils dits *avanceurs de phase;* à celle de *l'alternateur compound*, à celle du *transformateur rotatif en cascade*, etc.

Abandonnant le domaine de l'électricité, notre regretté confrère fit une incursion non moins heureuse dans celui de la thermodynamique et de la mécanique.

Son étude des condenseurs, ses pompes à air pour condenseurs, ses observations relatives à l'écoulement des fluides élastiques, ses machines frigorifiques pour le refroidissement des soutes des navires de guerre, etc.

montrent que ce chapitre de la science lui était aussi familier que celui de l'électricité.

Par les problèmes qu'il a résolus, par les inventions qu'il a réalisées, par les nombreux services qu'il a rendus sans compter à la Science, à l'Industrie et à son pays, M. Maurice Leblanc est digne de figurer parmi les esprits les plus originaux et les plus féconds de notre époque.

En la personnalité de M. **Van der Waals**, professeur honoraire de l'Université d'Amsterdam, l'Académie a vu disparaître un de ses associés étrangers les plus distingués.

Né à Leyde en 1837, il débuta dans l'enseignement comme instituteur primaire et, tout en remplissant ses modestes fonctions, il consacra ses loisirs à l'étude d'une des questions les plus ardues de la physico-chimie. Il en présenta les résultats en 1873, dans son mémoire célèbre : *La continuité des états liquides et gazeux*, mémoire qui lui valut dès l'époque une notoriété universelle. A cette œuvre maîtresse par excellence qu'il s'efforça de perfectionner sans cesse, il ajouta en 1880 *la loi des états correspondants et la théorie des mélanges binaires* (1889).

Toutes ces théories ont suscité un nombre considérable de recherches expérimentales, tant en Hollande qu'en France et à l'étranger. Indépendamment de ces études, M. Van der Waals a publié divers autres mémoires sur le déplacement du maximum de densité de l'eau, sur le potentiel thermodynamique, sur la capillarité, sur les systèmes ternaires, sur la dissociation, sur le nombre de chocs d'une molécule, sur l'état moléculaire des corps dissous, sur la tension de vapeur, etc.

C'est à juste titre qu'on a pu dire de notre illustre associé : « Le mouvement scientifique, tant théorique qu'expérimental dû à l'ensemble des travaux de M. Van der Waals, est certainement l'un des plus considérables de l'époque. »

En son correspondant national, M. le Lieutenant-Colonel **Ariès**, l'Académie a été privée des lumières d'un thermodynamiste fervent et original. Son premier Ouvrage, *Chaleur et Énergie*, paru en 1896 dans l'Encyclopédie des Aide-Mémoire, est consacré à la thermodynamique telle que la conçoit l'auteur. C'est un exposé des principes universels de la conservation et de la dissipation de l'énergie.

Dans un second volume, *La Statique chimique basée sur les deux principes fondamentaux de la thermodynamique* (1904), inspiré des travaux de

Gibbs, M. Ariès s'est appliqué à mettre en lumière la notion si importante du potentiel chimique. Ces études sur la Chimie l'ont conduit plus tard (1913) à publier un opuscule intitulé : *Des faux équilibres chimiques et la Thermodynamique classique*, où il a apporté des vues intéressantes sur la question controversée de la réalité des faux équilibres.

En outre de ces volumes, nous devons encore à sa plume deux Ouvrages ayant, le premier, pour titre : *L'Électricité comme forme de l'énergie*, tandis que le second a trait à l'*Électrostatique*, première partie, où l'auteur s'attache à appliquer les principes généraux exposés dans *Chaleur et Énergie*, à l'étude de l'électricité. Sa dernière œuvre « *Chimie physique élémentaire* » (1914) constitue, sous une forme beaucoup plus simple, sa *Statique chimique* complétée par des résultats nouveaux.

M. **Bakhuyzen** (**Hendricus-Gerardus Van de Sande**), professeur d'Astronomie à l'Université de Leyde, et en même temps, directeur de l'Observatoire de cette ville, a été un des représentants les plus autorisés et les plus féconds de l'Astronomie d'observation.

Indépendamment de ses nombreuses déterminations, notamment sur la rotation de Mars, et de sa collaboration à la grande Carte du Ciel, M. Bakhuyzen, dans un but d'augmentation de précision, a été amené à inaugurer un appareil très simple permettant de déterminer des équations personnelles dans les observations de passage, dans les positions même où se trouvent l'observateur et la lunette.

On lui doit également des recherches sur le mouvement de translation du système solaire, de nombreuses déterminations de longitudes et une contribution utile aux travaux récents sur la variation de latitude.

Il prit enfin une grande part à la publication des œuvres de Huygens, son illustre compatriote, œuvres dont il a dirigé la partie astronomique.

Il est mort à Leyde, le 8 janvier dernier, à l'âge de 85 ans.

Le Père **Colin** (**Édouard-Élie**), né à Graulhet (Tarn), le 28 novembre 1852, était correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, depuis le 13 mars 1899.

Sa carrière scientifique proprement dite s'est totalement accomplie à Madagascar où, dès l'année 1888, il fonda, au milieu de difficultés sans nombre, le premier observatoire français dans l'hémisphère austral. Avant que l'édifice fût construit, il installa les nombreux instruments que lui avaient confiés quelques-uns de nos confrères, dans des baraque-

ments provisoires, afin de commencer ses observations météorologiques puis magnétiques avec le concours de treize postes secondaires judicieusement répartis dans divers points de l'île.

Après avoir déterminé, à l'aide d'un grand nombre d'observations astronomiques, la position géographique de son bel observatoire à quatre coupoles, il prit des dispositions pour collaborer, d'une façon active, à la Carte du Ciel.

Aux observations météorologiques, magnétiques et astronomiques dont la poursuite se fit régulièrement, le Père Colin ne tarda pas à joindre des travaux de géodésie, qu'il put entreprendre grâce à l'initiation du Père Roblet, ancien collaborateur d'Alfred Grandidier.

Ces déterminations, de la plus haute utilité pour notre corps expéditionnaire, contribuèrent à le faire attacher au Service géographique de l'État-Major pendant deux ans et demi, où il accomplit la double mission de géodésien et d'aumônier militaire.

De retour à Tananarive en 1898, le Père Colin dut reconstruire son observatoire saccagé par les Malgaches quelques jours avant l'entrée de nos troupes dans la Capitale. L'œuvre achevée, il repart en mission sur la Côte orientale où, tout en effectuant de nombreuses observations magnétiques, il entreprend autour de l'Ankaratra une triangulation de 8000^{km^2}. De 1902 à 1906 il perfectionna ensuite celle de Tananarive et se consacra dès lors entièrement à la direction de son observatoire qu'il ne cessa de compléter.

Musicien consommé, il tenait les orgues de la cathédrale d'Albi à l'âge de 17 ans; le Père Colin a publié en outre de ses travaux scientifiques un volume de mélodies malgaches recueillies au cours de ses voyages.

Le Père Colin s'est donc affirmé comme un créateur, un organisateur et un observateur de premier ordre. Il a mené de front sa double mission scientifique et pacificatrice et dignement servi, au loin, la science et la patrie. Son nom restera perpétuellement attaché à l'œuvre qu'il a fondée et fait prospérer.

L'œuvre de Sir **James Dewar**, professeur à l'Université de Cambridge et à l'Institut Royal de Londres, est aussi variée qu'originale en raison des grandes qualités d'expérimentateur dont était doué notre savant confrère.

Il a fait ses débuts en Chimie organique par l'étude des produits d'oxydation de la pinacoline et publia ensuite des recherches sur le manganèse, l'acide chlorosulfurique, sur la fabrication du chlore par le procédé Weldon et, en collaboration avec Abel, sur celle des poudres à la nitroglycérine

appelées Cordites, etc., etc. On lui doit aussi un travail sur le nickel carbonyle.

Son nom restera cependant spécialement attaché à l'étude des basses températures qui lui ont permis de liquéfier un certain nombre de gaz considérés jusqu'alors comme permanents, en particulier le fluor et l'hydrogène.

On lui doit aussi un moyen de production du vide en utilisant le pouvoir d'absorption des gaz par le charbon de bois soumis à un froid très intense, et une série de déterminations sur les propriétés thermiques, optiques, électriques et magnétiques d'un grand nombre de substances jusqu'à la température de l'hydrogène liquide.

Sir James Dewar est enfin l'auteur du *vase* à double paroi, séparée par le vide, qui porte son nom et dont les applications sont si utiles, non seulement dans les laboratoires, mais encore dans l'économie domestique où il est connu sous le nom vulgaire de « Thermo ».

D'une très grande activité, il resta fidèle au laboratoire jusqu'à l'âge très avancé de 81 ans.

Après ce dernier hommage rendu à nos regrettés confrères dont le souvenir se perpétuera par leurs œuvres, souhaitons à nouveau la bienvenue à ceux qui, par leurs travaux et leur juste notoriété, assureront, au sein de notre Compagnie, la continuité de la tâche de leurs devanciers.

Un jour, à la suite d'une communication faite à l'Académie sur de nouvelles propriétés du radium, Marcellin Berthelot, entrevoyant avec son intuition coutumière toutes les conséquences de la découverte, nous fit, non sans une pointe de mélancolie, la réflexion suivante : « Nous croyions avoir posé d'une façon solide les assises de la science chimique, et voilà que tout est à recommencer. »

A l'époque où ces paroles furent prononcées, il ne s'agissait encore que du radium et de sa désagrégation en hélium avec dégagement de chaleur. C'était la première atteinte portée à la notion d'éléments *substance dont le poids ne peut qu'augmenter au cours des transformations chimiques qu'elle subit*, notion sur laquelle, depuis Lavoisier, a été édifiée toute la Chimie du XIXe siècle.

De même que les découvertes de Pasteur, d'abord sur la dissymétrie moléculaire puis sur les fermentations, ont ouvert deux voies nouvelles à la recherche, de même les sensationnelles études de Becquerel, des Curie, de Debierne, puis des Ramsay, Soddy, Rutherford, etc. sur les substances radioactives, ont déclenché un mouvement de curiosité qui s'est irradié

dans tous les milieux où l'on observe et où l'expérimentation physico-chimique est en honneur.

Les résultats déjà acquis sont en effet bien dus à la physico-chimie, c'est-à-dire à la mise en action de deux disciplines, jadis intimement unies, celle du physicien qui, en l'espèce, ne se borne plus à étudier les phénomènes en soi, mais s'en sert comme moyen d'investigation de la matière, et celle du chimiste à qui incombe le rôle d'isoler cette matière dans les conditions voulues de pureté, de façon à pouvoir vérifier ensuite les modifications, les transformations qu'elle a subies. C'est ainsi que fut entreprise l'étude de la radioactivité et élucidé le mécanisme de la désingrégation des substances dites radioactives avec émission de différents rayons appelés α, β, γ.

Elle a abouti à la caractérisation et à l'identification de certains de ces rayons avec ceux déjà connus et à montrer que les rayons α sont en particulier dus à l'émission d'hélium, gaz parfaitement connu et bien caractérisé. Cette étude a également révélé que certains éléments, radioactifs, malgré leurs poids atomiques, variables avec leur origine, présentent une certaine concordance dans la plupart de leurs propriétés. Cette constatation a conduit à la notion d'*isotopie*. Suivant qu'il est extrait de la *carnotite* ou de la *thorite*, le plomb, tout en gardant son individualité, peut avoir des masses atomiques s'écartant de deux unités. On admet que ce métal forme une pléiade de sept isotopes.

L'isotopie n'est pas une attitude propre aux substances radioactives. On a en effet montré, par une voie absolument différente, imaginée par sir J.-J. Thomson et son école, que beaucoup d'éléments non radioactifs étaient constitués par des mélanges, actuellement non séparables par les moyens mis à notre portée.

Les déterminations effectuées par cette nouvelle méthode sur un grand nombre d'éléments, notamment sur ceux dont l'isotopie avait déjà été mise en évidence par voie chimique, ont corroboré avec une précision remarquable celles réalisées sur les éléments radioactifs.

Les masses atomiques des isotopes étant représentées par des nombres entiers, cette coïncidence a donné un regain d'actualité à la notion métaphysique des Grecs et des Latins de l'unité de la matière, notion reprise au commencement du siècle dernier par Prout, qui émit l'hypothèse que les poids atomiques de nos éléments étaient des multiples entiers de celui de l'hydrogène. A cette hypothèse se sont ralliés dans la suite les J.-B. Dumas, Schutzenberger, Hinrichs, Ramsay, etc.

Si l'étude des substances radioactives et des isotopes, éclairée par les

doctrines électroniques est des plus captivantes au point de vue de la philosophie naturelle, elle ne simplifie point celle de la Chimie générale. En admettant, comme l'ont fait Mulleken et Harkins, « que le potassium a deux isotopes, le platine six et le chlore deux, il est possible d'imaginer 126 isotopes différents de chloroplatinate de potassium. Si l'étain a six isotopes, il y aura 30 espèces moléculaires de tétrachlorure d'étain; si le mercure a six isotopes, le chlorure mercureux ou calomel aura 63 isotopes » [1].

Ajoutons que, pour le moment, on ne connaît qu'un représentant de chacune de ces molécules.

Ces chiffres ne sauraient toutefois nous effrayer si, quittant les éléments réputés simples jusqu'à présent, et les corps minéraux, nous jetons un coup d'œil sur les composés organiques, c'est-à-dire sur les substances formant l'armature de tout ce qui, sur notre globe, naît, vit, se multiplie, meurt, se désagrège et se reconstitue à nouveau.

Rappelons que pour l'édification des nombreuses molécules faisant partie de cette armature, quelques éléments comme le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote auxquels on peut ajouter le phosphore et le soufre, suffisent. Bien qu'à l'heure actuelle, on ne lui ait pas trouvé d'isotope, pas plus que pour l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, le carbone a une aptitude de combinaison telle que le nombre de composés naturels et artificiels qu'il peut former avec les éléments précités est infini. Les synthétistes en élaborent des milliers annuellement.

Il y a plus, toujours sans qu'il y ait isotopie, une substance, de composition rigoureusement définie, peut exister sous des formes différentes qui dépendent uniquement de l'arrangement intramoléculaire des éléments qui contribuent à sa formation. Nous dónnons à ces formes le nom générique d'*isomères*.

Une simple comparaison fera ressortir la portée de cette précieuse faculté que possèdent nos éléments d'affecter des modes de groupements différents au sein de certaines molécules. On peut en effet concevoir une série d'édifices de mêmes dimensions, de mêmes contours extérieurs, images parfaites les uns des autres, construits avec un même cube de pierre, un même métrage de bois, une même quantité de mortier, un même poids de fer, etc. et qui ne diffèrent entre eux que par la distribution intérieure du même nombre de pièces qu'ils abritent.

Si, en Chimie, nous nous adressons à l'édifice du carbure bien connue sous

---

[1] A. Dannens, *Les isotopes*, p. 114.

le nom de naphtaline, composé de 10^{at} de carbone et 8^{at} d'hydrogène, nous pouvons, par remplacement de 2, 3, 4^{at} d'hydrogène par 2, 3, 4^{at} d'un autre élément (le chlore par exemple) imaginer et produire respectivement 10, 14, 22 isomères. Mais si, au lieu de réaliser cette substitution par un même élément, nous l'effectuons par des éléments différents, le calcul montre qu'il peut exister 420 isomères tétrasubstitués, 1680 pentasubstitués, 5 040 hexasubstitués, et 10 080 heptasubstitués, sans que le cadre primitif de la naphtaline soit modifié.

Ces quelques exemples ne donnent qu'une faible idée des possibilités de la Chimie organique.

Après s'être bornés, dans la première moitié du XIXe siècle, à discerner à l'aide de l'analyse immédiate, la nature et la composition des principes auxquels la matière organisée devait ses propriétés alimentaires, thérapeutiques, tinctoriales, odorantes et nocives, les chimistes se sont ingéniés à trouver des méthodes de synthèse à eux, absolument distinctes de celles employées par les êtres vivants, animaux et végétaux.

Ils ont été puissamment secondés dans cette voie par la prise en considération d'hypothèses, ces ailes de l'imagination, notamment par l'hypothèse atomique qui, peu à peu, a pris rang de théorie pour devenir de nos jours, aux yeux de certains physiciens, une réalité.

A partir de ce moment, la Chimie organique a marché de triomphe en triomphe et s'est attaquée aux problèmes les plus délicats et les plus difficiles. A côté de molécules sans nombre qui n'ont qu'un intérêt en soi, elle a imité la nature et réalisé par ses moyens propres la synthèse de principes que, seuls jusqu'alors, les êtres organisés étaient susceptibles de produire. Ses progrès s'affirmèrent par la reproduction industrielle de quelques-uns de ces principes dans des conditions économiques telles que le produit naturel dut s'effacer devant son concurrent artificiel. La culture de la garance, apanage d'un de nos départements du Midi, a été ruinée par l'apparition de l'alizarine synthétique; celle de l'indigo, aux Indes, est en train de subir le même sort. La vanilline, l'héliotropine, l'essence de cannelle, etc., synthétiques, font une sérieuse concurrence à la vanille, à l'héliotrope et à l'essence extraite de l'écorce de cannelle, sans toutefois réussir à les évincer de la consommation. Nous en verrons tout à l'heure la raison.

La puissance de création de la science organique ne s'est pas limitée à ces reproductions; élargissant son domaine, elle a forgé de toute pièce des molécules nouvelles, qui n'ont pas de représentants dans le règne organique et a ainsi singulièrement enrichi la palette du coloriste et du teintu-

rier, la gamme des parfums et l'arsenal des médicaments, y compris celui des substances nocives, depuis qu'un implacable adversaire en fit usage, au mépris de toutes les conventions, de toutes les lois humaines.

En ce qui concerne la reproduction des principes naturels, le pouvoir du chimiste ne semble toutefois pas illimité. C'est que les organismes vivants ne se bornent pas à élaborer un principe unique qui leur assure une certaine spécificité, mais encore, et parfois en infimes quantités, une série de produits secondaires, véritables satellites du principe dominant, qui impriment à l'ensemble une harmonie qui se manifeste aussi bien chez les plantes tinctoriales que parmi les plantes à parfums et les plantes médicinales.

Le teinturier obtient de plus beaux effets avec l'indigo naturel qu'avec l'indigotine artificielle, de même que le gourmet apprécie davantage le parfum de la gousse de vanille que celui de la vanilline synthétique. On sait aussi que la feuille de digitale agit avec plus de mesure que la digitaline pure et que l'écorce de quinquina, tout en étant un fébrifuge, possède en outre une action tonique qu'on ne reconnaît pas au même degré à la quinine.

Notre impuissance se manifeste encore et surtout à l'égard des matières alimentaires. S'il nous est loisible, et encore à quel prix, de reproduire des matières grasses, certains sucres, voire même quelques peptides élémentaires, nous ignorons totalement la constitution des matières albuminoïdes et des vitamines dont le rôle est capital dans l'alimentation. L'expérience a d'ailleurs montré l'inanité des tentatives faites, pendant la guerre, par l'Allemagne, pour parer à la disette et créer des substituts de différents produits de première nécessité.

Les progrès réalisés depuis trois quarts de siècle dans les voies que nous venons de signaler n'en sont pas moins impressionnants. On peut même ajouter qu'ils ont été si féconds qu'il se produit une sorte de palier dans le développement de certaines branches de la science organique, les efforts de nombreux chercheurs se portant vers ce que nous appellerons l'aboutissement de cette science. Nous voulons parler de la Chimie biologique.

On a pu dire que tout organisme, qu'il soit végétal ou animal, peut être assimilé à un laboratoire ou à une usine dont on connaît les entrées et les sorties. Bien que d'ordre physicochimique, les opérations qui s'y effectuent normalement n'ont rien de commun avec celles que nous réalisons dans nos laboratoires et nos usines. Pour faire, au sein des plantes, ses synthèses à l'aide de l'acide carbonique, de l'eau, de l'azote et de quelques substances minérales, la nature met en action des procédés moins brutaux

et plus subtils que le chimiste. Elle opère aussi, suivant l'expression de Pasteur, dissymétriquement, puisque les molécules qu'elle élabore sont souvent actives, c'est-à-dire qu'elles dévient tantôt à droite, tantôt à gauche la lumière polarisée.

(Disons en passant que le sens de la rotation d'une substance active n'est pas indifférent quand cette substance est par exemple un médicament.)

Or, les réactions mises en jeu dans nos synthèses de laboratoire s'effectuent toujours symétriquement et aboutissent à des corps inactifs dont la plupart, il est vrai, peuvent être dédoublés par la suite en leurs antipodes.

La chimie animale, malgré les pas de géants qu'elle a faits depuis la rénovation Pastorienne, en est encore à ses débuts, tant les problèmes à résoudre sont étendus et délicats.

Sans doute nous savons discerner les formes de nombreux ferments figurés, leur spécificité et les modalités de leur développement et de leur action, mais nous ne connaissons, à peu d'exceptions près, les ferments solubles, les *diastases*, les vaccins, les virus, les toxines et les venins que par les manifestations et parfois les sécrétions qu'ils provoquent dans les organismes.

L'ultime chimisme de leur intervention nous échappe, parce que de nature colloïdale, leur constitution intime nous est inconnue, ainsi que celle des organes sur lesquels ils réagissent.

Le problème semble se simplifier quelque peu en thérapeutique quand l'un des facteurs, le médicament, est un corps chimiquement défini. Il arrive, dans ce cas, qu'on réussit souvent, non seulement à situer son action, mais à le suivre et à déceler ses transformations ou ses produits de désagrégation.

De toutes les Chimies, celle qui a pour siège les organismes est, sans aucun doute, la plus captivante. Si le naturaliste a la suprême ambition de connaître la façon dont s'élabore la cellule, comment apparaît la vie, le chimiste a celle, non moins légitime, de chercher à savoir comment sont groupés les éléments constitutifs de cette cellule, de façon à être en mesure, le cas échéant, de la reproduire synthétiquement.

Cette Chimie est aussi la plus difficile et la plus exigeante en ressources de toute nature.

Après avoir pris son essor et s'être affirmée sur notre continent, elle est, à l'heure présente, particulièrement en honneur aux États-Unis. C'est chez nos alliés d'au delà l'Océan, que son étude se poursuit avec le plus d'ardeur, le plus de continuité et le plus de succès. L'Amérique est aussi le

pays qui, librement et sans aucune intervention des pouvoirs publics, sait faire les plus grands sacrifices en faveur de la recherche dans ce qu'elle a de plus élevé et de plus désintéressé. Ses observatoires astronomiques ne sont-ils pas actuellement les premiers du monde, au point de vue de l'outillage et des travaux qui s'y poursuivent?

Pays de tous les sports, y compris celui de la richesse, il est également le pays de toutes les générosités, parce qu'une conception aussi noble que juste anime beaucoup de privilégiés de la fortune. Nombreux sont, en effet, ceux qui considèrent que tout bien superflu acquis avec le concours des collectivités doit équitablement retourner, en partie au moins, à ces collectivités. Aussi, abstraction faite des initiatives spontanées comme celles des Carnegie et des Rockfeller, tout appel fait en faveur des Institutions scientifiques et des Universités, trouve-t-il un écho immédiat dans les milieux fortunés.

Parmi les légitimes hommages rendus, cette année, à nos gloires scientifiques, à Blaise Pascal, à Marc Séguin, à Henry-Émile Bazin, ceux dont a été l'objet la mémoire de Louis Pasteur méritent de retenir spécialement notre attention.

Grand parmi les plus grands par son œuvre géniale et bienfaisante, il l'est encore par la noblesse de son caractère, sa bonté native et son parfait désintéressement.

Dans un élan unanime de reconnaissance, les peuples civilisés de tous les mondes, anciens et nouveaux, se sont joints à nous pour glorifier cette œuvre et la personnalité de son auteur.

Au nombre des manifestations qui se sont produites dans notre pays, nous devons mentionner spécialement celle organisée par le Comité de la « Journée de Pasteur », parce que le but de cette journée répond aux vœux exprimés, maintes fois, par l'illustre chimiste. Il fut en effet un des premiers à préconiser l'organisation systématique de laboratoires de recherches, avec le le concours sélectif de l'élite de la jeunesse de nos Écoles.

Les idées de Pasteur ont été reprises souvent par d'autres de ses confrères et mises partiellement à exécution dans certains milieux universitaires. Il a fallu néanmoins son exemple, son œuvre avec toutes ses conséquences bienfaisantes, ainsi que les leçons de la guerre, pour que l'on comprenne enfin, dans notre pays, la part qui, pour notre rayonnement dans le monde, et aussi pour notre défense éventuelle, revient à la recherche.

De même que l'après-guerre de 1870 a été une période de refonte de tout

notre enseignement national, de même celle qui s'ouvre doit être une ère consacrée à l'épanouissement de toutes nos facultés inventives, c'est-à-dire une ère de recueillement et de travail productif dans son acception la plus large et la plus élevée. Les adhérents à ce culte nouveau ne feront pas défaut, car « la joie de connaître et de découvrir » présente, pour l'esprit chevaleresque et désintéressé de notre jeunesse studieuse, un attrait puissant. Il suffit de mettre à sa disposition ainsi qu'à celle de ses conducteurs, de ses maîtres, les moyens qui lui permettent de donner un libre cours à son imagination créatrice, aussi bien dans l'ordre de la science pure qu'en celui des applications.

Ces moyens se constituent d'une façon progressive et encourageante : Caisse des recherches scientifiques, Fonds Commercy, Loutreuil et Bonaparte, Fondations Edmond de Rotschild, auxquels s'ajoute, dès maintenant, celle du Comité de la *Journée Pasteur* en faveur de notre Académie, sont autant de sources auxquelles pourront s'adresser Institutions et travailleurs qui ont la noble ambition de se consacrer à la poursuite de problèmes nouveaux.

Le mouvement dû à l'initiative de la *Bienvenue française* présidée par notre Confrère M. le Maréchal Foch, mouvement appuyé généreusement et avec ferveur par toute la presse métropolitaine et coloniale, a eu pour effet, non seulement la glorification de Pasteur, mais de gagner à la cause des laboratoires toutes nos populations. Puisse-t-il ne pas s'arrêter et créer peu à peu une mentalité analogue à celle qui, à cet égard, règne chez nos alliés, les États-Unis. Si la solidarité s'impose dans l'infortune et la charité, elle est non moins opérante dans la recherche du progrès scientifique.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1923.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Émile Picard, Lecornu ; E. Goursat, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours, pour le prix Bordin à décerner en 1923, le sujet suivant :

Trouver tous les cas où la recherche des surfaces, admettant un élément linéaire donné, conduit à une équation aux dérivées partielles du second ordre intégrable par la méthode de Darboux.

En appelant l'attention des concurrents sur une application particulière de la méthode de Darboux, la Commission avait espéré que quelques-uns des résultats obtenus pourraient s'étendre à la méthode générale, et sur ce point son espoir n'a pas été déçu. On sait que l'application de cette méthode semble exiger un nombre illimité d'essais, entraînant des calculs qui deviennent très rapidement compliqués. Cette difficulté, qui n'a pu être surmontée que dans quelques cas spéciaux, explique sans doute le peu d'applications qui ont été faites jusqu'à présent. M. **Émile Gau**, professeur d'Analyse à la Faculté des Sciences de Grenoble, est un des rares mathématiciens qui aient poursuivi avec succès des recherches sur cette méthode,

depuis une dizaine d'années. Dans le nouveau Mémoire présenté au concours, M. Gau utilise les résultats déjà obtenus par lui-même sur les relations entre les invariants, les involutions et les fonctions principales (notion qui lui est due), relatives à une équation aux dérivées partielles du second ordre, et il parvient, par une analyse élégante, à un résultat fondamental, d'une simplicité inattendue :

Si une équation du second ordre, qui n'admet pas de caractéristiques du premier ordre, est en involution avec une autre équation d'ordre quelconque, elle est aussi en involution avec une autre équation d'ordre CINQ *au plus.*

Lorsque l'équation est linéaire en r, s, t, on doit remplacer le nombre *cinq* par le nombre *trois* dans cet énoncé.

Il est clair que la proposition précédente ne suffit pas dans tous les cas à limiter le nombre des essais, mais elle constitue un progrès important pour une solution plus complète. C'est le cas particulier des équations linéaires qui est utilisé dans la suite du Mémoire pour l'étude de la question posée par l'Académie, mais l'auteur signale en passant un grand nombre de résultats intéressants, relatifs aux fonctions principales et à leurs formes possibles.

M. Gau aborde ensuite la question mise au Concours, et par un choix spécial des variables, il met l'équation aux dérivées partielles dont dépend le problème sous une forme linéaire en r, s, t. Tout revient alors à chercher les conditions pour que cette équation admette une involution du deuxième ou du troisième ordre. La solution complète exige une discussion délicate, où l'auteur a fait preuve de beaucoup de perspicacité, et le résultat définitif auquel il parvient est le suivant : *L'équation aux dérivées partielles du problème de la déformation ne peut être en involution avec une autre équation, d'ordre quelconque, que si le* ds^2 *donné convient à une surface réglée.*

Lorsque l'élément linéaire donné convient à une surface réglée, sans convenir à une quadrique ni à une surface de révolution, il existe une involution du second ordre pour chaque système de caractéristiques, et il n'existe pas d'autre involution d'ordre supérieur, de sorte que l'équation du problème n'est pas intégrable par la méthode de Darboux. Lorsque le ds^2 convient à une quadrique ou à une surface de révolution, l'auteur n'arrive pas à une conclusion aussi précise, et il faudrait de nouvelles recherches pour trouver tous les cas où il existe des invariants.

En résumé, si M. Gau n'a pas donné la solution complète du problème proposé par l'Académie, il a résolu un problème très voisin qui est en un certain sens plus général, puisqu'il a fait connaître tous les ds^2 pour lesquels

l'équation aux dérivées partielles correspondantes est en involution avec une autre équation d'ordre quelconque. En particulier, lorsque le ds^2 convient à une quadrique, sa méthode permet d'obtenir des solutions qui semblent nouvelles du problème de la déformation, et qui mériteraient d'être étudiées.

D'autre part, le Mémoire de M. **Émile Gau** apporte un progrès incontestable à la méthode générale d'intégration de Darboux, et votre Commission n'hésite pas à vous proposer de lui attribuer le prix Bordin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCŒUR.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'abbé **Gaston Bertrand**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur la théorie des équations intégrales et la théorie des marées.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires: MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Kœnigs, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Chipart**, directeur de l'École des mines de Saint-Étienne, pour ses travaux sur la théorie gyroscopique de la lumière, sur l'électromagnétisme, sur l'électricité industrielle et sur les régulateurs des machines à vapeur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Emile Picard, Appell, Bertin; Boussinesq, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Auguste Boulanger**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, directeur des études à l'École polytechnique, pour l'ensemble de ses travaux scientifiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell; Hamy, rapporteur.)

M. **Charles Gallissot**, aide astronome à l'Observatoire de Lyon, a débuté, en l'année 1906, dans la carrière astronomique. Après avoir été chargé d'un service à la lunette méridienne, dont les résultats ont été consignés dans les *Annales* de l'établissement, auquel il est attaché et qu'il n'a jamais quitté, il a été orienté par Ch. André dans la direction de l'astronomie physique et a spécialement cultivé le champ de la photométrie. Il a publié, dans cet ordre de recherches, diverses Notes aux *Comptes rendus de l'Académie*, se rapportant au phénomène de Purkinje, à l'absorption sélective de l'atmosphère, à la scintillation, à l'influence de la coloration et de la grandeur dans les brusques variations d'éclat des images stellaires, le tout illustré par des observations photométriques et colorimétriques de la Nova des Gémeaux.

Ces travaux, exécutés avec soin, ont conduit M. Gallissot à entreprendre une discussion serrée des méthodes usitées dans le domaine de la photométrie astronomique. Le mémoire qui en est résulté a fourni à l'auteur la matière d'une thèse de doctorat remarquée dont M. Mascart, l'éminent directeur de l'Observatoire de Lyon, a donné une très juste appréciation dans les termes suivants :

« Le travail de M. Gallissot est assurément la contribution la plus importante qui ait été apportée depuis longtemps en photométrie stellaire, du moins dans le domaine des méthodes d'observation, de leur légitimité et de leur exactitude : il précise les conditions même du problème et indique les précautions minutieuses et indispensables, hors desquelles toutes les mesures individuelles ne seront qu'un jeu plus ou moins brillant avec un instrument particulier, sans que l'on puisse jamais obtenir un mouvement d'éléments fondamentaux et comparables. Les causes d'erreurs sont aussi bien séparés que possible, causes physiologiques, absorption, scintillation, coloration et température : leur estimation quantitative est satisfaisante et il ne reste à étudier que de petites singularités de la question. »

Des recherches concernant la distribution de l'énergie sur le disque solaire et de l'absorption de l'atmosphère de l'astre, en fonction de la longueur d'onde, entreprises par des méthodes qu'il a imaginées, complètent l'œuvre astronomique de M. Gallissot.

En raison de l'intérêt attaché à l'ensemble de ses travaux, la Commission propose de décerner le prix Lalande à M. **Gallissot.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell; Deslandres, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Perfectionner en quelques points importants les travaux de Poincaré et de Liapounoff sur les figures d'équilibre relatif d'une masse fluide en rotation, soumise à l'attraction newtonienne. L'Académie appelle particulièrement l'attention sur la question de la stabilité et l'étude des oscillations infiniment petites autour d'une figure stable.

Aucun mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer ce prix à M. **Walter Sidney Adams**, directeur de l'Observatoire du Mont Wilson, Pasadena, Californie, pour l'ensemble de ses beaux travaux de spectroscopie solaire et stellaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Ém. Picard, Appell; Deslandres, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié Guignard, le prince Bonaparte, Douvillé; Louis Gentil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules de Schokalsky**, professeur émérite de l'Académie navale russe, président de la Société russe de Géographie, pour son ouvrage sur l'océanographie.

Sous le titre : *L'Océanographie*, M. **J. de Schokalsky** a condensé en un beau volume de 614 pages un état de la science des océans, du moins en l'envisageant au point de vue physique. C'est, en somme, un traité d'Océanographie physique qu'il soumet au public, car il a complètement écarté de son sujet le côté biologique, non moins vaste, de cette science. Une

abondante illustration, composée de 259 cartes, graphiques, dessins et photographies, éclaire le texte nourri de l'ouvrage.

Dans son Introduction, l'auteur donne un historique clair et concis des progrès de l'Océanographie jusqu'en 1918, progrès auxquels ont participé la plupart des nations. Trois cartes permettent de suivre les routes des principales expéditions, notamment celles du Conseil international pour l'étude des mers du nord de l'Europe.

La première partie de l'ouvrage, assez brève sur la distribution des terres et des mers, sur le niveau, le relief et la nature du fonds des océans, est plus étendue sur la salinité, la température, la couleur, etc., des eaux marines.

La seconde partie est consacrée aux mouvements de la mer; c'est la plus développée, c'est aussi la plus originale. On voit que l'auteur a accompli la plus grande partie de sa carrière sur mer et qu'il a consacré de nombreuses années à des études hydrographiques. Les chapitres qui traitent des vagues, des marées, des courants sont très personnels, le dernier notamment, et la question de la circulation générale dans les océans est particulièrement originale.

En forme de conclusions, l'auteur s'étend sur ce qu'il y aurait à faire pour l'avenir des sciences océanographiques.

L'ouvrage de M. **J. de Schokalsky** témoigne d'un long effort : c'est un traité utile qui mériterait d'être traduit en français.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Gentil, Guignard, le prince Bonaparte; H. Douvillé, rapporteur.)

Officier de l'Infanterie coloniale, ancien chef du Service géographique de l'Indo-Chine, actuellement chargé par intérim de la direction du Service géologique, le commandant **Léon Dussault** collabore depuis de longues années à l'étude scientifique de notre grande colonie d'Extrême-Orient. Jusqu'en 1914, ses premières missions au Tonkin, au Laos et au Cambodge, suivant de vastes itinéraires pour la plupart nouveaux, lui ont valu d'intéressantes trouvailles, dont la plus notoire est la découverte des magnifiques faunes ouraliennes du Cammon au Laos. Après la guerre, l'activité

du commandant Dussault s'est attachée à des régions plus limitées, mais de parcours difficile. Successivement la province de Sam Neua, dans le Laos oriental, la partie du Tonkin septentrional comprise entre le fleuve Rouge et la frontière laotienne, enfin l'hiver dernier le nœud orographique du nord du Tran Ninh ont été l'objet de reconnaissances minutieuses, pour aboutir à des monographies accompagnées de cartes levées à la fois au point de vue topographique et au point de vue géologique. Il a pu fournir également une esquisse, déjà très poussée, sur la structure de tous ces pays, en même temps que d'importants gisements fossilifères, tous nouveaux, ont permis de dater la plupart des formations. Les travaux du commandant **Dussault** apportent ainsi une inestimable contribution à la connaissance de l'Asie sud-orientale.

La Commission propose à l'unanimité de lui décerner un prix Tchihatchef.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Gentil, Émile Picard, Rateau; Ferrié et Laubeuf, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000^{fr} à M. le commandant **Charles Lafon**, aéronaute militaire breveté, pour son ouvrage intitulé : *Études sur le ballon captif et les aéronefs marins;*

Un prix de 3000^{fr} à M. **Stanislas Millot**, capitaine de corvette en retraite, pour son mémoire intitulé : *Amarrage, remorquage et mouillage des navires, applications aux navires de surface.*

Rapport de M. le général Ferrié *sur l'ouvrage de M. le commandant* **Charles Lafon.**

M. le commandant **Charles Lafon** s'est consacré depuis de longues années aux études relatives à la navigation maritime et aérienne. Auteur de nombreux ouvrages et articles de revue sur ces questions, il a exposé dans un dernier volume, *Étude sur le ballon captif et les aéronefs marins. — Applications aux navires de surface*, les principaux résultats de ses travaux antérieurs qui étaient appuyés sur une longue pratique.

Parmi les travaux relatifs aux aéronefs et à la navigation aérienne, il faut citer en particulier d'excellentes études théoriques et pratiques sur l'influence du lest et de la tension du câble dans les manœuvres d'un ballon captif, ainsi que des recherches très poussées sur le déséquilibre des avions, sur la stabilité des dirigeables, sur la détermination préalable des trajectoires d'aéronefs au moyen de graphiques et d'abaques d'un usage pratique et facile, etc.

Ces derniers travaux ont été appliqués également par le commandant Lafon à la navigation maritime. Grâce à son « paramètre d'inertie », facile à déterminer pratiquement et à contrôler, il a indiqué les moyens de dresser pour chaque navire des graphiques et abaques facilitant considérablement l'étude des évolutions du navire dans toutes les circonstances.

La Commission estime que l'ensemble de ces travaux de grande valeur justifie la délivrance d'une partie du prix de la Marine au commandant **Lafon.**

Rapport de M. Laubeuf *sur le Mémoire de M.* **S. Millot,** *intitulé:* Amarrage, remorquage et mouillage des navires.

L'auteur a étudié les propriétés de la courbe formée par une chaîne, c'est-à-dire une chaînette.

Il montre les propriétés de la chaînette, d'un poids uniforme par mètre, de la chaînette surchargée en un point, de la chaînette à partie immergée. Il donne quelques explications numériques pour l'amarrage.

Il applique ensuite la même méthode de calcul au mouillage de navires. Il étudie en particulier le problème très important de la détermination de la longueur de chaîne à filer, en fonction de la profondeur de l'eau et établit une Table numérique d'un usage très commode.

L'étude se termine par l'examen du mouillage d'un navire sur plusieurs ancres (affouchage, empennelage).

Nous ne ferons à l'auteur qu'une observation : il paraît impropre d'appeler la résistance des chaînes d'ancres ou des amarres : « résistance au choc ». Il n'y a pas ici de choc proprement dit. Comme le dit l'auteur lui-même, la résistance se compose de deux parties : la première due au travail de déformation de la chaînette formée par la chaîne; la seconde due au travail élastique du métal de la chaîne. Il n'y a pas là l'instantanéité qui caractérise le choc.

Cette petite observation faite, il faut reconnaître que ce travail est très intéressant, que, d'après la date de publication, il est neuf sur un certain nombre de points et qu'il peut rendre des services sérieux.

Il paraît, par suite, justifié de lui attribuer une partie du prix extraordinaire de la Marine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Gentil, Émile Picard, Rateau, Laubeuf; Boussinesq, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PHYSIQUE.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Jean Perrin, Boussinesq, Émile Picard; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marius Latour**, ingénieur de l'École supérieure d'Électricité de Paris, pour l'ensemble de son œuvre en électricité.

Esprit très original, inventeur des plus féconds, en dehors des inventions qu'il a faites dans le domaine des machines à courants alternatifs, inventions qui ont déjà été récompensées, M. Marius Latour s'est distingué par

des progrès tout à fait remarquables dans les appareils de télégraphie et de téléphonie sans fil.

Dès 1914, dans des mémoires originaux présentés à la Direction technique de la General Electric Company d'Amérique dont il était ingénieur-conseil, il proposa de réaliser des alternateurs à haute fréquence avec plusieurs machines polyphasées en cascade, en même temps qu'il proposa d'établir la réception par battements des ondes entretenues, mode de réception devenu aujourd'hui d'un emploi universel. Il proposa également d'utiliser les phénomènes photo-électriques présentés par les surfaces métalliques dans le vide pour la télévision, ainsi que les phénomènes de décharge dans les tubes à vapeur de mercure pour amplifier les courants faibles.

Plus récemment M. Latour s'est distingué dans les questions de télégraphie sans fil en imaginant le type d'alternateur homopotaire à haute fréquence à nombre d'encoches réduit sur le stator qui a permis d'établir les postes de télégraphie sans fil les plus puissants. Il a imaginé, en outre, des multiplicateurs de fréquence et des amplificateurs magnétiques basés sur l'utilisation d'alliages spéciaux fer-nickel, ainsi que les systèmes d'antennes modernes à prises de terre multiples. Enfin M. Latour a défini les paramètres indispensables à connaître dans les lampes à trois électrodes pour établir rationnellement des amplificateurs et il a introduit différentes innovations dans les postes générateurs à lampes à trois électrodes pour télégraphie et téléphonie sans fil, notamment des montages originaux pour la modulation.

Il a préconisé l'utilisation des lampes à trois électrodes dans la téléphonie sur fil à haute fréquence, utilisation qui a permis de rendre industriel ce système de téléphonie à l'étranger et en France.

Cet ensemble de travaux donne à M. **Marius Latour** une place hors ligne parmi les électriciens de sa génération.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HEBERT.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Jean Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edmond Bauer**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour son ouvrage intitulé : *La théorie de Bohr*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Jean Perrin, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Brillouin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Maurice Guéritot.** M. Guéritot est né en décembre 1885, décédé le 30 avril 1923. Élève de l'Institut électrotechnique de Nancy, puis de la Faculté des Sciences de Nancy; licencié ès sciences, il fit comme chef des travaux, à Nancy, de très belles études sur le magnétisme et la chaleur spécifique des gaz; les travaux devaient lui servir pour une thèse de Doctorat, que la guerre est venue interrompre. Il fit à ce sujet plusieurs Notes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (1911-1914).

Mobilisé au 8e Génie, il passe la première année au front; il y combine un fort intéressant matériel de poste radiotélégraphique de tranchée, et est renvoyé à Paris (Établissement Central de la Radiotélégraphie militaire) pour réaliser son appareil; il ne cesse plus dès lors de se consacrer aux études de T. S. F.; son travail principal est la mise au point et la réalisation de dispositifs pour la télémécanique. Il se consacra avec passion à cette étude, qu'il devait continuer jusqu'au moment où une cruelle maladie l'enleva prématurément. Ses dispositifs de télémécanique furent employés avec grand succès; ils permirent de faire voler un avion sans pilote, de faire manœuvrer un bateau entièrement commandé par T. S. F. La Marine et la Guerre les ont adoptés et en poursuivent l'application. Comme ingénieur chez Gaumont, il a réalisé des moteurs électriques synchronisés par diapason; il a inventé le haut parleur que Gaumont a présenté à l'Académie. Son étude la plus remarquable fut le télécompas à fer doux, qui devait permettre de répéter en tout endroit du navire l'indication du nord magnétique; il avait fait, à ce sujet, de très nombreuses mesures sur l'aimantation du fer sous l'influence de deux champs magnétiques simultanés et diversement orientés; il comptait compléter ces mesures et rédiger un important mémoire à ce sujet. La mort de ce chercheur plein d'activité est une perte très grave pour la Science française, à laquelle il eût apporté une collaboration extrêmement féconde.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Jean Perrin, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Brillouin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner à M. **Eugène Bloch**, professeur à l'Ecole nationale supérieure des beaux-arts, maître de conférence à l'École Normale supérieure, pour ses études sur les radiations ultraviolettes.

M. **Eugène Bloch** était encore professeur au Lycée Saint-Louis quand il a entrepris, avec son frère, M. Léon Bloch, une importante série de travaux sur les spectres ultraviolets extrêmes (rayons de Schumann) des différents métaux. Ces radiations étant très absorbables par les gaz, tout l'appareil dispersif, y compris la plaque photographique, doit être maintenu dans le vide, ce qui donne une idée des difficultés techniques à surmonter. Dans les plus récentes recherches, M. **Bloch** est parvenu à classer les raies et à distinguer celles qui correspondent à divers degrés d'ionisation de l'atome.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Jean Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Weiss**, correspondant de l'Académie, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur la paramagnétisme et la découverte de la loi qui porte son nom.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION DANTON.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Jean Perrin, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder la subvention à M. **Fernand Holweck**, préparateur au laboratoire de Mme Curie, à la Faculté des sciences, pour

ses recherches sur les radiations comprises entre celles de la lumière et celles des rayons X.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Violle, Villard, Branly, Brillouin, Jean Perrin, Boussinesq, Emile Picard, Janet; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder la subvention à M. **Raymond Jouaust**, chef des travaux au Laboratoire central d'électricité, pour lui permettre de continuer les expériences qu'il a entreprises depuis quelques mois au Laboratoire central d'électricité sur la photométrie hétérochrome et la recherche d'un procédé correct pour l'évaluation de l'intensité lumineuse des lampes à filament métallique, et en particulier des lampes à atmosphère gazeuse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Haller, Le Chatelier, Urbain, Gabriel Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Moureu et Béhal, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Eugène Tassilly**, professeur agrégé à la Faculté de pharmacie de Paris, chef de travaux à l'École municipale de physique et de chimie;

Une mention honorable de 1500fr à M. **Roger Douris**, professeur à la Faculté de pharmacie de Nancy, pour sa contribution à l'étude des gaz asphyxiants pendant la guerre.

Rapport de M. MOUREU, *sur les titres de M.* **EUGÈNE TASSILLY**.

M. **EUGÈNE TASSILLY** a exécuté, au cours de la guerre, de longues et délicates expériences sur la protection collective contre les gaz de combat, plus particulièrement par l'aménagement d'abris spéciaux.

A cet effet, il a, entre autres, étudié très minutieusement et mis au point un dispositif comportant une ventilation après épuration sur un appareil filtrant imprégné de matières absorbantes. Grâce à ce dispositif, on pouvait retenir la plupart des gaz toxiques en usage aux armées.

M. Tassilly, en outre, a déterminé les conditions de mise en œuvre sur le terrain d'une liqueur neutralisante polyvalente.

On lui doit aussi des recherches sur les possibilités d'emploi de divers produits, notamment de composés arsenicaux.

Professeur agrégé à la Faculté de pharmacie et chef de bataillon d'infanterie territoriale, M. Tassilly était tout désigné pour jouer ce rôle d'adaptateur des méthodes de laboratoire aux procédés d'emplois militaires. Il s'est acquitté de sa tâche avec un réel succès, et aussi avec le plus grand dévouement, en dépit du caractère pénible de semblables études, dont M. Tassilly a eu particulièrement à souffrir.

Étant donnée l'importance des services qu'il a ainsi rendus, nous vous proposons de décerner à M. **TASSILLY** le prix Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Haller, Le Chatelier, Moureu, G. Urbain, Gab. Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Béhal, rapporteur.)

La Commission des prix de Chimie propose à l'unanimité de décerner de nouveau le prix Jecker à M. **MARC TIFFENEAU**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris. Il lui avait déjà été donné en partie en 1911.

Voilà bientôt 25 ans que M. Tiffeneau s'est consacré à la recherche scientifique, et, pendant toute cette période, son activité, qui ne s'est jamais ralentie, s'est exercée avec le plus grand succès dans les divers domaines de la Chimie organique et des sciences qui s'y rattachent.

Son œuvre entière est dominée par une étude des plus importantes au point de vue théorique : celle des transpositions moléculaires.

C'est au cours de son premier travail, en 1901, sur la chaîne pseudopropylénique, chaîne jusque-là inconnue en série cyclique, que M. Tiffeneau a observé les diverses réactions migratrices qui ont été le point de départ de ses recherches sur les transpositions. Depuis cette époque, ses efforts ont été en grande partie consacrés à l'étude de ce très intéressant problème.

M. Tiffeneau ne s'est pas borné à multiplier les faits et à étendre considérablement le domaine des transpositions; ses conceptions nouvelles lui ont permis d'interpréter le mécanisme des réactions transpositrices d'une façon plus rationnelle et moins arbitraire qu'on ne l'avait fait jusque-là. Il s'est attaché tout particulièrement à démontrer le caractère de nécessité structurale de toutes ces réactions, alors même que ce caractère n'est pas toujours évident.

L'étude de la transposition hydrobenzoïnique qu'il a entreprise vers 1906 avec M. Dorlencourt, et qu'il a poursuivie depuis 1919 avec M. Orékhoff, lui a permis de rattacher aux mêmes types fondamentaux la plupart des phénomènes transpositeurs observés par lui depuis 1901.

Il a pu montrer, en effet, que toutes les transpositions du groupe des α-glycols et de leurs dérivés se ramènent à deux types essentiels très voisins : d'une part, le type pinacolique et semi-pinacolique dans lequel la migration de l'un des radicaux est d'une nécessité structurale évidente; d'autre part, le type hydrobenzoïnique et semi-hydrobenzoïnique dans lequel la nécessité de la migration n'est pas évidente, mais résulte de la prédominance migratrice des radicaux cycliques vis-à-vis de l'atome d'hydrogène.

La question des aptitudes migratrices des divers radicaux a fait l'objet de nombreuses recherches que M. Tiffeneau a effectuées soit seul, soit avec M. Orékhoff et M[lle] Lévy. Il a pu montrer que les radicaux cycliques l'emportent de beaucoup sur les radicaux acycliques. De plus, la substitution sur le noyau paraît augmenter les aptitudes migratrices, si bien que le tolyle et l'anisyle émigrent de préférence au phényle. Enfin, en ce qui concerne les radicaux acycliques et mixtes comparés entre eux, on constate que l'éthyle et le benzyle émigrent mieux que le méthyle.

Tout récemment, M. Tiffeneau, en collaboration avec M. Orékhoff, a introduit dans l'étude de ces phénomènes les notions de Werner sur l'affinité variable et il a montré que, sous l'influence d'un radical à forte capa-

cité affinitaire, l'oxyhydryle secondaire, généralement plus stable qu'un oxhydryle tertiaire, peut devenir plus instable que ce dernier.

Comme on le voit, la question des transpositions moléculaires, qui présente un si grand intérêt au point de vue de la dynamique chimique, est entrée dans une voie des plus fécondes.

M. Tiffeneau ne s'est pas limité à ce seul aspect des problèmes de structure moléculaire. Il s'est préoccupé également des relations entre la constitution chimique et l'action physiologique. A cet effet, il a préparé un grand nombre de substances nouvelles dans des séries très diverses : bromouréides, dialcoylmalonylurées, adrénalines, oxy et dioxybenzylamines, etc.

A l'occasion de ce dernier travail, il a observé un très curieux phénomène de rupture de l'atome d'azote des benzylamines tertiaires sous l'influence de l'anhydride acétique; il a aussitôt généralisé cette réaction et montré qu'elle s'applique à divers alcaloïdes du type benzylamine (apomorphine, nicotine, thébaïne, etc.), alors qu'elle n'a pas lieu avec les bases appartenant à d'autres types.

Au surplus, l'importance théorique des recherches de M. Tiffeneau ne constitue pas leur seul intérêt. Au point de vue purement expérimental, elles ont permis de réaliser de réels progrès, soit en nous apportant des corps nouveaux réputés non isolables comme les alcools vinyliques, soit en créant des séries nouvelles ou en complétant des séries déjà existantes, notamment les carbures pseudopropyléniques acycliques, les aryldialcoylglycols, les aldéhydes trisubstituées aromatiques, les aldéhydes à noyau pentagonal (cyclopentane carbonique et hydrindène carbonique), etc.

Ainsi, aussi bien par son originalité et son ampleur que par son importance théorique et pratique, l'œuvre de M. **Marc Tiffeneau** est entièrement digne de la nouvelle distinction que la Commission propose de lui accorder.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Haller, rapporteur.)

La Commission propose de partager également les arrérages de la fondation entre M[lle] **Jeanne Lévy**, docteur ès sciences, préparateur à la Faculté de médecine, pour ses études sur les transformations moléculaires et

Mme **Mélanie Rosenblatt**, préparateur à l'Institut Pasteur, pour ses travaux de Chimie biologique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Haller, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Hippolyte Copaux**, professeur à l'École municipale de Physique et de Chimie de la ville de Paris, pour ses travaux de Chimie minérale.

M. H. Copaux s'est attaché, dans toutes ses recherches, à des sujets de Chimie minérale, et plus spécialement à la Chimie des complexes minéraux dont il a étudié non seulement la préparation et la constitution, mais encore les formes cristallines. Au cours de ces recherches sur les borotungstates, les silicotungstates et les silicomolybdates, il a fait des observations du plus haut intérêt concernant la loi de l'isomorphisme. Il a en outre montré que les métatungstates avaient, en commun avec les phospho, les silico et les borotungstates, la propriété d'absorber la région ultraviolette du spectre, propriété que les tungstates normaux ne possèdent pas.

Généralisant une observation faite par Wyrouboff sur le silicotungstate de potassium, dont les cristaux jouissent du pouvoir rotatoire à droite, M. Copaux a mis en évidence la même propriété optique dans les silicomolybdate, boro et métatungstate de potassium, sels isomorphes du silicotungstate. Il a enfin réussi à isoler la variété gauche des cristaux de ce dernier sel.

A côté de ces recherches de premier ordre pour l'étude des complexes, M. **Hippolyte Copaux** a abordé d'autres études non moins captivantes sur le nickel, le cobalt, le thorium, le cérium, le glucinium. Tout récemment il a mis au point une méthode élégante et rapide de dosage de l'acide phosphorique qui rend les plus grands services, et rédigé, avec M. Perperot, un Traité de Chimie en trois volumes qui est en cours de publication.

La Commission a été unanime à juger que l'ensemble de ces belles recherches méritait à leur auteur le prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. Barrois, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, A. Lacroix, Depéret, Kilian; Douvillé, rapporteur.)

M. **Maurice Cossmann**, directeur de la *Revue critique de Paléozoologie*, continue inlassablement ses études sur les faunes de Mollusques fossiles, et si sur quelques points ses publications ont été un peu ralenties, la cause en est aux difficultés matérielles de l'heure présente. Ses *Essais de Paléoconchologie comparée*, si précieux pour tous ceux qui s'occupent de Paléontologie, se complètent peu à peu et comptent aujourd'hui douze volumes; sa *Revue critique de Paléozoologie et de Paléophytologie* en est à sa 27e année. La *Conchologie néogénique de l'Aquitaine*, publiée en collaboration avec M. Peyrot, comprend déjà 4 volumes avec 78 planches et plus de 2000 pages. De tous côtés on a recours à sa compétence pour l'examen des récoltes nouvelles; c'est ainsi qu'il a été amené à publier la faune du Callovien des Deux-Sèvres, celle du Barrémien du Brouzet, les Scaphodes et Gastéropodes du Montien de Belgique, les Mollusques éocéniques de la Loire-Inférieure.

Le Tertiaire de l'Aquitaine a particulièrement attiré son attention : à ses publications sur le Néogène il faut ajouter la première partie d'un Synopsis illustré de l'Éocène et de l'Oligocène en Aquitaine et la description de la très intéressante faune cuisienne recueillie à Gan par M. O'Gorman.

On voit combien est importante l'œuvre que M. **Cossmann** continue à mener à bien. La Commission vous propose à l'unanimité de lui décerner le prix Delesse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission

PRIX FONTANNES.

(Commissaires : MM. Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, A. Lacroix, Depéret, Kilian; Barrois, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, A. Lacroix, Depéret, Kilian; Haug, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Bourret**, docteur ès sciences, assistant au Service géologique de l'Indo-Chine, à Hanoï, pour ses « Études géologiques sur le nord-est du Tonkin », publiées à Hanoï en 1922. Elle s'est trouvée en présence d'une monographie détaillée relative à une vaste région de notre colonie d'Extrême-Orient d'un accès encore difficile et dont l'exploration géologique représente trois longues campagnes sur le terrain, au cours desquelles l'auteur a levé quatre feuilles de la Carte au 1/100000e. Les résultats de ce travail gigantesque sont exposés dans un Mémoire dont la rédaction ne laisse rien à désirer. Tous les problèmes qui se posaient au stratigraphe, au pétrographe, au tectonicien y sont traités avec une égale compétence. Comme son maître, M. Jacob, l'avait établi dans une région plus occidentale, l'auteur a pu démontrer qu'il existe, dans le nord-est du Tonkin, au-dessus des massifs autochtones, plusieurs nappes indépendantes, dont l'origine est encore problématique. En raison de cette structure, aucune des discordances qui avaient été constatées entre les principales séries stratigraphiques de la région ne peut être considérée comme normale. Elles sont toutes de nature tectonique. Par la portée de ses conclusions, comme par sa présentation matérielle, le Mémoire de M. **Bourret** peut soutenir la comparaison avec les meilleurs travaux de tectonique relatifs aux Alpes françaises et aux Pyrénées.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, A. Lacroix, Depéret, Kilian; Barrois, rapporteur.)

La Section de Minéralogie a la mission de désigner à l'Académie, pour le prix Joseph Labbé, l'auteur des travaux géologiques ayant contribué le plus efficacement à mettre en valeur les richesses minérales de la France.

Malaisée serait sa tâche si elle consistait à isoler, dans la foule de ceux qui se distinguent par leurs travaux géologiques, le nom d'un savant méri-

tant; plus grand encore serait son embarras, si elle devait faire un choix parmi ceux qui se spécialisent dans la mise en valeur de nos richesses minérales; bien lointain serait l'accord de ses membres, s'ils devaient s'unir pour vous signaler le mineur qui contribue le plus à enrichir le pays.

Mais quand la Section se fut avisée de chercher un lauréat qui réunît en sa personne toutes ces conditions, — quelqu'un qui se fût montré à la fois géologue savant, prospecteur averti, ingénieur habile et puissant conducteur d'hommes, quelqu'un qui eût fait en même temps avancer la science et marcher les affaires, quelqu'un qui eût servi simultanément la science internationale et la restauration de la richesse nationale, toute hésitation, tout embarras disparurent pour nous. Un seul nom fut conservé, celui de M. **André Defline**.

Les théories émises par M. Defline, ingénieur des mines à Valenciennes, en 1908, sur la structure du bassin houiller d'Anzin, étaient encore en 1922 l'objet de l'attention du Congrès géologique international de Bruxelles et des éloges de M. Renier, directeur des Services géologiques de Belgique. Ses essais, présentés au Congrès géologique de Toronto au Canada, en 1913, constituent toujours l'inventaire le plus exact, la synthèse la meilleure, qui aient été faits des ressources charbonnières de la France. Depuis 1919, exploitant dans la Sarre, et directeur des mines domaniales de ce territoire, il livre annuellement à la France, avec un personnel réorganisé par lui et dans des conditions matérielles sans précédent, 11 millions de tonnes de houille, contribuant ainsi à la fois à la richesse et à la grandeur du pays par la science pure et par la science appliquée.

Tels sont les éminents services que la Section de Minéralogie propose à l'Académie de récompenser en décernant le prix de Joseph Labbé à M. **André Defline**, directeur des mines domaniales de la Sarre, à Sarrebrück.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JAMES HALL.

(Commisaires : MM. Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, A. Lacroix, Depéret, Kilian; Barrois, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Gaston Delépine**, professeur à l'Institut catholique de Lille, pour sa thèse sur les calcaires carbonifères du nord de la France.

L'étude des calcaires formés au début de l'époque carbonifère dans le bassin franco-belge présente un double intérêt théorique et pratique. Le premier réside dans l'extrême variabilité du faciès paléontologique des calcaires accumulés dans des mers parsemées de prairies de crinoïdes et de récifs coralliens. D'autre part les variétés de composition correspondant à ces divers faciès ont permis aux industries du marbre, de la pierre de taille, du ciment, de prendre en Belgique leur énorme essor.

Reconnaître l'ordre, la succession, l'importance, la répartition de ces divers calcaires, était servir l'industrie. Reconnaître les conditions physiques dans lesquelles s'étaient formées des assises calcaires différentes par leur composition lithologique, bien que contemporaines par leur âge, expliquer ces différences par celles des conditions bathymétriques et paléontologiques de leur genèse, était servir la science. La science et l'industrie sont redevables de ce double service à la thèse doctorale de M. Delépine.

On y trouve des observations détaillées et consciencieuses relevées sur le terrain, des déterminations paléontologiques précises faites au laboratoire, un bon exposé didactique et des inductions heureuses. La valeur des recherches de M. Delépine sur le calcaire carbonifère de la Belgique dépasse le niveau habituel des thèses inaugurales, en ce que l'auteur possède une compétence rare dans l'étude de ces formations, qu'il a explorées successivement en Angleterre et en diverses provinces de France (Artois, Vosges, Bretagne, Morvan). Il s'est acquis dans ce domaine, devenu le sien, une notoriété de bon aloi, en étendant et précisant les connaissances sur un sujet difficile, que beaucoup avaient abordé avant lui.

Votre Commission, en proposant à l'Académie d'attribuer le prix James Hall à M. Delépine, pour sa thèse doctorale, se félicite d'autant plus de pouvoir motiver très favorablement son avis, que la voie suivie par M. **Gaston Delépine** dans ses recherches, a été ouverte par les immortels travaux de James Hall, fondateur du prix, sur les calcaires carbonifères de la vallée du Mississipi.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Marin Molliard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Guignard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Marin Molliard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Guignard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Marin Molliard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Guignard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Marin Molliard, rapporteur.)

Votre Commission vous propose à l'unanimité d'attribuer le prix de Coincy à M. **Henri Humbert**, chef des travaux de Botanique à la Faculté des Sciences d'Alger, pour son important Mémoire sur les Composées de Madagascar.

Ce travail de premier ordre porte sur l'étude des plantes récoltées par l'auteur lui-même ainsi que de toutes celles qui existent actuellement dans les principaux herbiers. Il s'agit tout d'abord d'une révision systématique très précise et très complète, à la suite de laquelle une série de genres doivent

disparaître, d'autres au contraire s'ajouter à ceux qui sont déjà reconnus; de nombreuses erreurs de détermination sont rectifiées et toutes les espèces décrites peuvent être déterminées à l'aide de clés d'une grande clarté; cette partie constituera une base solide à toutes les recherches ultérieures portant sur les Composées malgaches et suffirait à justifier la proposition de votre Commission.

Mais l'intérêt principal de M. Humbert réside dans l'étude de la répartition des végétaux envisagés, dans celle des rapports existant à cet égard entre Madagascar et les autres parties du globe, principalement avec le continent africain, dans un essai de reconstitution des dernières phases de la colonisation de Madagascar par les Composées. Enfin l'auteur analyse avec beaucoup de pénétration l'histoire récente de la flore malgache, en mettant en évidence le rôle capital qui revient à l'homme, agissant surtout par le feu, dans la modification de la flore autochtone. Plusieurs faits signalés par M. Humbert et se rapportant aux variations présentées par les Composées de la végétation établie ainsi d'une manière secondaire paraissent présenter une importance capitale pour le problème général de l'évolution des végétaux.

Ce Mémoire de 335 pages in-4°, amplement illustré, qui a coûté à son auteur de nombreuses années de travail, fait véritablement honneur à la science française et il ne paraît pas faire de doute que M. **Humbert** devienne un maître en géographie botanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Dangeard, Molliard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Lecomte, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Gustave Nicolas**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour l'ensemble de ses travaux de physiologie végétale.

M. G. Nicolas est l'auteur d'un certain nombre de travaux sur la respiration des organes végétatifs des plantes vasculaires et sur les modifications apportées à cette fonction respiratoire par diverses circonstances, telles que l'âge du végétal, la présence des fumagines et de l'anthocyane, le parasitisme d'un champignon, etc. Ces recherches, poursuivies dans des condi-

tions variées, constituent un chapitre intéressant de l'histoire de la respiration des végétaux.

M. **Nicolas** a étudié aussi l'action du soufre sur les plantes et a cherché à dégager le mécanisme de l'action fertilisante de cette substance. Enfin, il a poursuivi des études sur le balancement organique chez les végétaux, sur les variations provoquées par le traumatisme sur la structure, etc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES.

(Commissaires : MM. Roux, Schlœsing, Maquenne, Leclainche, Viala, Guignard, Tisserand, Marchal; Lindet, rapporteur.)

Le prix Bigot de Morogues doit être attribué, tous les dix ans, à l'ouvrage qui aura fait faire le plus de progrès à l'agriculture en France.

Le principal objet d'un pareil ouvrage est évidemment de faire connaître au monde agricole, sous une forme scientifique, et cependant accessible, les théories et les pratiques que les plus récentes recherches ont montré de nature à accroître la production agricole. En ne considérant que ce seul point de vue utilitaire, votre Commission en aurait pu citer plusieurs; mais il lui a semblé qu'à la valeur d'une simple exposition des faits acquis, il était bon de joindre celle de l'auteur lui-même, au cas où celui-ci aurait contribué personnellement à leur découverte.

C'est pourquoi votre Commission, pour conserver à la fois l'esprit et la lettre du testament donateur, a fixé son choix sur la personne de M. **Louis Ravaz**, aujourd'hui directeur de l'École nationale d'agriculture de Montpellier, un savant qui, dans plusieurs volumes estimés, a su répandre la bonne parole et présenter sous leur vrai jour les grandes questions vinicoles et œnologiques au contact desquelles il a mené sa vie scientifique, et auxquelles il a apporté une savante contribution.

Les *Vignes américaines*, en collaboration avec notre confrère M. Viala, la *Reconstitution du vignoble*, les *Porte-greffes et producteurs directs*, constituent les guides les plus sûrs pour ceux qui veulent reconstituer leur vignoble ou

l'entretenir de cépages résistants; le lecteur y devine l'œuvre personnelle de M. Ravaz, dans l'exposé des caractères macroscopiques des feuilles, des aptitudes des espèces, de leur adaptation au sol, de leur résistance à la chlorose, à la sécheresse, aux maladies cryptogamiques.

M. Ravaz, alors qu'il était directeur de la Station œnologique de Cognac, pendant plusieurs années, s'est intéressé à la région de nos grandes eaux-de-vie et, quand, dans son volume *Le Pays de Cognac*, il décrit le vignoble, les cépages, les luttes contre les terrains crayeux, il faut comprendre qu'il ne fait que raconter ce qui a été sa préoccupation de chaque jour et l'objet de ses travaux de laboratoire.

Les nombreuses maladies de la vigne, le black-rot, le rot blanc, la mélanose, la pourriture grise, la maladie d'Oléron, le chabot, le court-noué, la thyllose, la brunissure, le rougeau, la panachure, etc., ont été étudiées par M. Ravaz, seul ou en collaboration avec M. Viala, avec ses chefs de travaux et préparateurs. Mais, de toutes ces maladies, le mildiou est celle qui lui a paru la plus fréquente et la plus sournoise. Son livre *Le Mildiou* nous apprend l'étiologie, les conditions de développement, le traitement de cette terrible maladie; mais, en lisant entre les lignes, nous y retrouvons le souvenir des travaux de M. Ravaz sur la germination des spores d'hiver et d'été, la durée de l'incubation, l'efficacité des bouillies, la détermination de la résistance des hybrides, etc.

Votre Commission a été d'avis, à l'unanimité, de décerner à M. **Louis Ravaz** le prix Bigot de Morogues.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, F. Henneguy, P. Marchal, L. Joubin, F. Mesnil, d'Arsonval, le prince Bonaparte, H. Douvillé; Ch. Gravier, rapporteur.)

M. **Clément Vaney**, professeur à l'Université de Lyon, poursuit, depuis 25 ans, de fructueuses recherches dans les domaines les plus variés de la

zoologie. Quelques-uns de ses travaux ont été faits en collaboration avec son regretté ami A. Conte, notamment ceux qui sont relatifs à l'organisation du *Rhabdopleura Normani* Allman et à la régénération du *Spirographis Spallanzanii* (Viviani).

Les principales études de M. Cl. Vaney se rapportent aux Insectes, aux Échinodermes et aux Gastéropodes parasites.

1. M. Cl. Vaney a fait une étude comparée des larves et des métamorphoses de Diptères de diverses familles, dont il a suivi l'évolution. Il en a déduit que, dans les phénomènes d'histolyse des organes larvaires, la phagocytose n'a pas toujours le rôle primordial. Il a prouvé que l'intégrité de l'individu et la présence des ganglions cérébroïdes ne sont pas indispensables à la nymphose, car il a pu obtenir des papillons acéphales en ligaturant fortement des Chenilles en arrière de la tête.

Pendant de longues années, il s'est attaché à l'étude approfondie de l'Hypoderme du Bœuf (Œstre) qui intéresse à un si haut degré l'industrie des peaux de Bovidés.

2. M. Cl. Vaney a publié de nombreux mémoires sur les Holothuries et les Crinoïdes. Il a déterminé les espèces rapportées par plusieurs expéditions scientifiques, notamment par les missions françaises d'exploration des régions antarctiques sud-américaines.

3. Après la description de quelques nouvelles espèces de Mollusques parasites d'Échinodermes, faite en collaboration avec M. R. Kœhler, M. Cl. Vaney a synthétisé les données actuelles sur l'adaptation des Gastéropodes au parasitisme. En groupant certaines espèces d'Eulimidés et d'Entoconchydés, il a établi une série morphologique fournissant une remarquable démonstration de dégradation parasitaire qui va de l'ectoparasitisme peu marqué à l'endoparasitisme le plus accentué.

4. En dehors de ces travaux de zoologie pure, M. Cl. Vaney, en collaboration avec F. Maignon, a suivi les variations du glucose, du glycogène, de la graisse et des matières albuminoïdes pendant toute la durée de la métamorphose du Ver à soie. Ces auteurs ont montré le parallélisme entre le développement embryonnaire et la nymphose et aussi le rôle important du glycogène dans les phénomènes de multiplication cellulaire.

L'ensemble de ces travaux représente une longue série de très méritants efforts dans des directions variées et fait honneur à leur auteur. Aussi, votre Commission qui attache une haute valeur morale au prix Cuvier, vous propose-t-elle, à l'unanimité, de le décerner cette année à M. **Clément Vaney.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Joubin, Gravier, d'Arsonval, le prince Bonaparte, Douvillé; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission propose d'attribuer un prix Savigny à M. **Gaston Seurat**, professeur de zoologie à l'Université d'Alger, pour ses recherches sur les Invertébrés de l'Afrique du Nord.

Depuis qu'il appartient à l'Université d'Alger, M. Seurat n'a cessé de s'intéresser à la faune de notre Afrique du Nord et il a entrepris d'incessants voyages en Algérie, en Tunisie, — récemment encore à l'île de Djerba —, dont il est toujours revenu avec de riches documents.

Héritier scientifique de l'illustre et regretté Maupas pour ce qui concerne les Nématodes, il a consacré aux formes parasites de ce groupe de nombreuses études et il a publié en 1920 la première partie d'une *Histoire naturelle des Nématodes de la Berbérie*.

Pour les Nématodes monoxènes, M. Seurat, continuant Maupas, a précisé leur cycle évolutif et bien mis en évidence le rôle de la larve enkystée. Pour les hétéroxènes, il a montré la diversité d'habitat de la larve encapsulée qui assure la fin de l'évolution de l'individu par son passage dans l'hôte définitif. Il a consacré à cette question un important mémoire qui se termine par un catalogue des larves de ces nématodes.

Citons encore les intéressants et surprenants résultats concernant la géonémie des Nématodes.

M. **Seurat** a réuni récemment dans une brochure tous les documents recueillis sur la *Faune des eaux continentales de la Berbérie*. Il continue à suivre cet ordre de recherches et il a adressé récemment à l'Académie une note très suggestive sur le peuplement d'un cours d'eau de l'île de Djerba.

Tout cet ensemble répond pleinement aux intentions qui ont présidé à la fondation Savigny.

L'Académie accepte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Quénu, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; d'Arsonval, Widal, Bazy, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 2500fr à M. **Georges Bourguignon**, chef du laboratoire d'électroradiothérapie à la Salpêtrière, pour ses travaux relatifs à la contraction en pathologie, à la localisation de l'excitation, à la chronaxie, etc.

Un prix de 2500fr à MM. **Georges Guillain**, **Guy Laroche**, **Paul Lechelle**, pour leur ouvrage intitulé : *La réaction du benjoin colloïdal et les réactions colloïdales du liquide céphalorachidien.*

Un prix de 2500fr à MM. **Eugène Rochard**, chirurgien honoraire des hôpitaux, et **Wolf-Maurice Stern**, ancien interne des hôpitaux, pour leur ouvrage intitulé : *Diagnostic chirurgical.*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Jean Guisez**, ancien interne des hôpitaux, pour ses ouvrages relatifs au diagnostic et au traitement des maladies de l'œsophage.

Une mention honorable de 1500fr à MM. **Thierry de Martel** et **Édouard Antoine**, anciens internes des hôpitaux, pour leur ouvrage intitulé : *Les fausses appendicites.*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Maurice Segard**, ancien interne des hôpitaux, pour son ouvrage intitulé : *Consultaire.*

Une citation à M. **Paul Blum**, chargé de cours à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour son ouvrage intitulé : *Introduction à l'étude de la thérapeutique. Aperçu critique sur l'évolution des tendances médicales.*

Rapport de M. d'Arsonval *sur les travaux de M.* **Georges Bourguignon.**

Depuis 1911, M. **Georges Bourguignon** a poursuivi une série de travaux sur l'Électrophysiologie tant normale que pathologique et sur l'Électrodia-

gnostic et en a tiré des conséquences remarquables pour l'Électrothérapie. Il a surtout mis en lumière l'importance de la chronaxie chez l'homme. C'est grâce à sa technique que cette précieuse notion, due au professeur Lapicque, a pu être appliquée à la Clinique. Le docteur BOURGUIGNON a résolu la difficulté tenant à l'interposition des téguments, ce qui lui a permis de découvrir des lois importantes de physiologie normale et pathologique et de donner à l'Électrodiagnostic une base physique d'une précision inconnue jusqu'alors.

Rapport de M. WIDAL *sur l'ouvrage de MM.* GUILLAIN, LAROCHE *et* LECHELLE, *intitulé :* « La réaction du benjoin colloïdal et les réactions colloïdales du liquide céphalo-rachidien. »

MM. GEORGES GUILLAIN, GUY LAROCHE et PAUL LECHELLE ont synthétisé dans ce volume leurs recherches sur la réaction qu'ils ont proposée en 1920 pour l'étude des liquides céphalo-rachidiens pathologiques. Depuis que la pratique de la ponction lombaire a permis l'analyse du liquide céphalo-rachidien, des travaux nombreux en ont précisé les modifications chimiques et cytologiques dans les affections du névraxe; dans ces dix dernières années toute une série de recherches ont été poursuivies sur des réactions nouvelles de physique biologique, les réactions colloïdales du liquide céphalo rachidien. C. Lange, en Allemagne, a proposé dans ce but une réaction avec l'or colloïdal et G. Emanuel une réaction avec la gomme mastic. MM. Guillain, Laroche et Lechelle, durant plusieurs années, ont repris l'étude de ces réactions colloïdales, ont montré les causes d'erreurs multiples des réactions décrites en Allemagne, et ont fait toute une série de recherches sur la floculation des sols colloïdaux et des suspensions colloïdales. Ils ont proposé, en 1920, une réaction nouvelle, la réaction du benjoin colloïdal qui permet facilement de constater la précipitation des sphérules de cette suspension en présence de liquides céphalo-rachidiens syphilitiques. La technique de la réaction du benjoin colloïdal de MM. Guillain, Laroche et Lechelle ne peut être résumée dans une courte analyse; son principe consiste à pratiquer dans une série de 16 tubes à hémolyse des dilutions progressives du liquide céphalo-rachidien avec un électrolyte tel qu'une solution chlorurée sodique, dilutions variant suivant une progression géométrique de raison $\frac{1}{2}$ de $\frac{1}{4}$ jusqu'à $\frac{1}{16384}$; à ces dilutions on ajoute une même quantité d'une suspension colloïdale de benjoin amyg-

daloïde de Sumatra. Alors que les liquides céphalo-rachidiens normaux ne donnent aucune précipitation, on constate avec les liquides céphalo-rachidiens des syphilitiques nerveux (paralysie générale, tabes, méningites, méningo-myélites) une floculation des 5, 6, 7, 8, 9 premiers tubes de la série, floculation clarifiant complètement les tubes qui prennent un aspect eau de roche. Cette réaction très simple, facile, ne demandant que quelques heures pour être réalisée, présente une réelle valeur pour le diagnostic de la syphilis évolutive du névraxe; la réaction est toujours négative en dehors de la syphilis évolutive du névraxe, à l'exception de certains cas de sclérose en plaques, affection qui d'ailleurs paraît être déterminée par un parasite très voisin de celui de la syphilis. MM. Guillain, Laroche et Lechelle qui ont toujours étudié leur réaction en même temps que la réaction de Wassermann, insistent sur le parallélisme en général constant de ces deux réactions, mais font remarquer que dans l'encéphalite léthargique, alors que la réaction de Wassermann a été trouvée positive par de nombreux auteurs, la réaction du benjoin colloïdal, par contre, s'est toujours montrée négative, ce qui ajoute encore à sa valeur sémiologique pratique. M. Machebeuf qui, dans le laboratoire de M. G. Bertrand, a étudié les conditions physico-chimiques de la réaction du benjoin colloïdal, a constaté que, dans cette réaction, les albumines vraies n'ont pas un rôle floculant, que seules les globulines interviennent conjointement avec la présence de sels qui ont une simple action de mordançage en favorisant, par la présence d'ions positifs bivalents, la décharge des micelles du benjoin qui ont un signe électro-négatif.

La réaction du benjoin colloïdal, proposée en 1920, a été étudiée par de nombreux auteurs en France, en Angleterre, en Autriche, aux États-Unis, dans l'Amérique latine; les résultats publiés par MM. Guillain, Laroche et Lechelle ont tous été confirmés, et cette réaction est actuellement dans les laboratoires une méthode courante de diagnostic de la syphilis évolutive du névraxe.

L'étude poursuivie par MM. **Guillain**, **Laroche** et **Lechelle** présente, semble-t-il, un réel intérêt, et cette étude participe d'ailleurs à l'évolution scientifique actuelle qui montre que la chimie physique est la méthode de l'avenir pour la connaissance des réactions intimes des humeurs en physiologie et en pathologie.

Rapport de M. Bazy *sur l'ouvrage de* MM. **Eugène Rochard** *et* **Wolf-Maurice Stern**, *intitulé :* Diagnostic chirurgical.

Ce livre a fait ses preuves : il en est à la 7e édition. Cela suffit à en montrer la valeur.

Commencé sous l'inspiration du professeur Duplay et, reflet de son enseignement, il a été tout d'abord écrit par MM. Rochard et Demoulin et a eu ainsi 6 éditions. M. Demoulin étant mort, il a été continué et remanié par M. **Eug. Rochard**, chirurgien honoraire des hôpitaux, membre de l'Académie de Médecine, qui s'est adjoint pour sa rédaction un de ses anciens internes, M. **W.-M. Stern**, et c'est ainsi qu'il nous est présenté ; il fait bénéficier ses lecteurs de l'expérience longue et avisée du docteur Rochard et de son esprit critique bien connu. Cette dernière édition ne le cède en rien à celles qui l'ont précédée et dont le succès certifie le mérite.

Rapport de M. Bazy *sur les ouvrages de* M. **Jean Guisez** *relatifs au diagnostic et au traitement des maladies de l'œsophage.*

M. **Jean Guisez** nous a envoyé deux volumes principaux :

1° *Œsophagoscopie clinique et thérapeutique ;*

2° *Diagnostic et traitement des rétrécissements de l'œsophage et de la trachée.*

Plus 14 brochures, qui sont des extraits de journaux et qui traitent des mêmes sujets et aussi des corps étrangers de l'œsophage, de la trachée et des bronches.

M. **Guisez** est un spécialiste très distingué en oto-rhino-laryngologie, qui a apporté une contribution *personnelle* très importante à l'étude des affections des organes dont il s'occupe et dont il est ici question. Il n'est guère de chapitre où l'on ne distingue facilement la part qu'il a prise aux progrès réalisés.

Rapport de M. Bazy *sur l'ouvrage de* MM. **Thierry de Martel** *et* **Édouard Antoine**, *intitulé :* Les fausses appendicites.

MM. **Thierry de Martel** et **Éd. Antoine** ont envoyé un travail sur *les fausses appendicites.*

C'est un bon résumé de nos connaissances tant cliniques, radiologiques que thérapeutiques sur les épiploïtes chroniques, les ptoses cæcales, les colites et péricolites, les adhérences de portions voisines du colon et notamment au niveau des angles du colon.

M. **Th. de Martel** y a joint les résultats de son expérience personnelle sous forme d'observations, d'opérations et de résultats thérapeutiques.

Rapport de M. Widal *sur l'ouvrage de* M. **Maurice Ségard**, *intitulé:* Consultaire.

Dans ce livre, M. **Ségard** a réuni dans un cadre limité sous forme de 100 consultations toutes les notions de thérapeutique que le médecin peut avoir à appliquer dans sa pratique journalière. De propos délibéré, l'auteur passe sous silence toutes les méthodes désuètes qui, depuis longtemps, traînent de manuels en manuels et ne trouvent jamais leur utilisation; M. Ségard a pris à tâche de ne présenter que des méthodes sûres et éprouvées.

En rassemblant et en exposant avec un grand sens critique les modes de traitement utiles aux malades, M. **Maurice Ségard**, sous une forme nouvelle, a écrit un livre thérapeutique qui rend les plus grands services aux médecins.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission a eu l'attention attirée sur l'œuvre accomplie par le D[r] **Maurice Fontoynont**, ancien interne des hôpitaux de Paris, à Madagascar où il séjourne depuis de nombreuses années et où il a rendu, tant comme médecin et chirurgien pratiquant que comme directeur de l'Ecole de Médecine indigène de Tananarive, de notables services à notre expansion coloniale.

M. Fontoynont s'est aussi acquis des titres scientifiques spéciaux par ses heureuses innovations chirurgicales qui lui ont valu de bonne heure le titre envié de correspondant national de la Société de Chirurgie, et par ses

recherches sur les maladies de la Grande Ile, en particulier sur les mycoses. En collaboration avec M. Carougeau, avec les Drs Salvat et Boucher, il a fait connaître des blastomycoses, actinomycose, sporotrichose nouvelles, dont les agents ont été isolés et décrits. Pour les premières, il a insisté sur l'inefficacité du traitement ioduré, et les bons effets d'une thérapeutique au bleu de méthylène.

Votre Commission a été d'accord pour vous demander de couronner toute cette œuvre de longue haleine en décernant à M. **Fontoynont** le prix Barbier.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Henneguy, Branly, Mesnil; Roux, rapporteur.)

Il y a longtemps que les médecins, M. Balzer en particulier, ont eu l'idée d'employer les composés du bismuth dans le traitement de la syphilis, mais ces premières tentatives n'eurent pas de succès. En 1916, MM. Robert et Sauton ont publié, dans les *Annales de l'Institut Pasteur* (t. 30, p. 261), un Mémoire sur la prévention et le traitement des trypanosomiases et de la spirillose des poules par l'émétique de bismuth. Le regretté Sauton, ayant été tué au champ d'honneur, les recherches commencées par lui et Robert furent poursuivies, à l'Institut Pasteur, par MM. **Robert Sazerac**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, et **Constantin Levaditi**, chef de service à l'Institut Pasteur. En mai 1921, une première Note de ces auteurs, publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, faisait connaître que le tartro-bismuthate de potassium et de sodium exerce une action thérapeutique remarquable sur la syphilis expérimentale du lapin et sur la spirillose spontanée de cet animal. Au mois d'août de la même année, MM. Sazerac et Levaditi apportaient à l'Académie des Sciences plusieurs observations d'accidents syphilitiques primaires, secondaires et tertiaires promptement guéris par l'émétique de bismuth. Dans des publications qui ont suivi, les auteurs ont étudié l'action de composés bismuthiques divers; ils ont indiqué leur valeur thérapeutique comparée et leur toxicité. Ils ont montré que le bismuth à l'état métallique, réduit en particules très fines et en suspension dans l'huile, était une des meilleures formes pour l'emploi de ce médicament.

Sous l'inspiration de MM. Sazerac et Levaditi, MM. les D[rs] Fournier et Guénot, de l'hôpital Cochin, ont fait un large emploi des composés bismuthiques dans le traitement de la syphilis. Ils ont fixé la posologie et la façon de s'en servir chez l'homme; ils ont conclu que le bismuth était un antisyphilitique plus actif et moins dangereux que le mercure, que si son action était un peu moins rapide que celle des arsénobenzols, elle paraissait plus durable et plus profonde. Le bismuth présente sur ces derniers médicaments le grand avantage de pouvoir être injecté dans les muscles.

Les constatations faites à l'hôpital Cochin ont été confirmées dans tous les pays et aujourd'hui les syphiligraphes sont d'accord sur le haut pouvoir antisyphilitique du bismuth. MM. Sazerac et Levaditi ont donc rendu un très grand service en introduisant le bismuth dans la thérapeutique de la syphilis. Grâce à eux, les sujets qui ne peuvent supporter le mercure ou l'arsenic peuvent avoir recours au bismuth. Les tréponèmes arséno-résistants ou mercuro-résistants sont atteints par le bismuth et, jusqu'à présent, il ne semble pas qu'on ait rencontré de spirille de Schaudin absolument réfractaire au bismuth.

On ne saurait juger définitivement la valeur d'un médicament antisyphilitique avant une longue période d'années; cependant, étant donné le nombre considérable des observations déjà rapportées de toute part, et la disparition de la réaction de Wassermann sous l'influence du traitement bismuthique, il est certain que le bismuth a pris dans la lutte antisyphilitique une place importante.

Pour reconnaître le grand service rendu à l'humanité par MM. **Sazerac** et **Levaditi** en lui procurant un médicament nouveau, efficace et maniable contre la syphilis, la Commission propose de leur attribuer les arrérages du prix Bréant avec le titre de lauréat.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; d'Arsonval, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX CHAUSSIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Ch. Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Branly; Henneguy et Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 5000fr à M. **Justin Jolly**, directeur du laboratoire d'histologie de l'École pratique des Hautes Études au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux d'histologie;

Un prix de 5000fr à M. **Maurice Nicolle**, professeur à l'Institut Pasteur, pour ses recherches de bactériologie médicale.

Rapport de M. Henneguy *sur les travaux de M.* **J. Jolly**.

M. le professeur **Justin Jolly**, directeur du laboratoire d'histologie de l'École des Hautes Études, au Collège de France, s'est entièrement consacré, depuis trente ans, à des recherches scientifiques ayant trait à l'histologie comparée, à l'histogenèse, à l'histo-physiologie, envisageant l'histologie surtout au point de vue de la biologie générale.

On lui doit la première étude expérimentale sur la division des cellules somatiques, ayant pu suivre, à l'état vivant, sur les jeunes hématies des Batraciens urodèles, les phases successives de la division indirecte et noter les modifications qu'elles subissent sous l'influence des actions mécaniques. Puis, il réussit à faire vivre *in vitro* les leucocytes des Batraciens, pendant dix-huit mois, précédant ainsi de plus de dix ans les expériences de Carrel sur la culture des tissus vivants, et montrant en même temps que le leucocyte acquiert progressivement sa mobilité, les cellules immatures étant moins mobiles que les cellules définitives.

Les recherches de M. Jolly sur l'hématopoïèse sont aujourd'hui classiques. Il a apporté des faits probants en faveur de l'origine mésodermique des ébauches sanguines, et démontré, chez les embryons des Mammifères, l'existence de deux générations successives et distinctes d'hématies, comparables aux organes embryonnaires transitoires. Il établit définitivement que les globules rouges des Mammifères sont des cellules ayant perdu leur noyau, dont on peut suivre le mode de dégénérescence et de disparition. Dans le foie embryonnaire, les cellules hépatiques, très distinctes des cellules san-

guines, jouent vis-à-vis d'elles un rôle nourricier, analogue à celui que joue le syncytium de Sertoli par rapport aux éléments spermatiques. Au cours du développement embryonnaire de la moelle osseuse, les premiers leucocytes apparus sont des cellules à protoplasma homogène et les leucocytes granuleux n'apparaissent que plus tardivement. Ceux-ci se forment également dans la rate des embryons, dans le tissu conjonctif de la bourse de Fabricius. La fonction hématopoiétique est donc une fonction générale du tissu conjonctif embryonnaire non différencié. Au cours de ses recherches sur la régénération du sang, M. Jolly a démontré l'existence, chez les Vertébrés inférieurs, de poussées printanières, caractérisées par l'apparition dans le sang de cellules immatures et de divisions cellulaires, et l'on peut reproduire expérimentalement ces phénomènes en exposant les animaux à une température plus élevée et en les nourrissant abondamment après un long jeûne. Pendant la régénération, après les hémorragies comme au cours du développement, l'organisme multiplie d'abord les cellules sanguines et ne fabrique l'hémoglobine que plus lentement; c'est ce qu'on observe dans l'anémie post-hémorragique et les anémies infantiles, dont une forme particulière, décrite pour la première fois par l'auteur, est caractérisée par la diminution considérable de l'hémoglobine contrastant avec la faible diminution du nombre des hématies.

Parmi les autres travaux de M. Jolly, il convient de rappeler ses recherches sur la structure des ganglions lymphatiques des Oiseaux et des Batraciens; celles sur la structure et l'histophysiologie de la rate, sur la nature véritable des follicules de la bourse de Fabricius formés par l'intrication d'un tissu épithélial et de cellules lymphoïdes. Cette dernière étude l'a amené à la conception des organes lympho-épithéliaux qui a éclairé le problème de la structure et de l'histogenèse du thymus et a permis de rapprocher les uns des autres des organes, en apparence dissemblables, comme le thymus, l'appendice, les amygdales, la bourse de Fabricius, etc. Le tissu lympho-épithélial est un tissu symbiotique formé de deux groupes d'éléments différents, ayant leur destinée spéciale. Les lymphocytes sont seuls touchés par l'inanition, les rayons X, les rayons γ du radium, tandis que la charpente épithéliale persiste. Le tissu lymphoïde ne servirait pas seulement à la formation et à la régénération du sang, il constituerait aussi un tissu de réserve et particulièrement de nucléo-protéides. Cette idée qui, au moment où M. Jolly l'a émise pour la première fois fut acceptée sans grande faveur, est aujourd'hui soutenue par différents physiologistes.

Tout cet ensemble de faits, acquis et accumulés pendant de longues

années, M. **Jolly** l'a réuni en un faisceau qui constitue la charpente d'un important *Traité technique d'hématologie* de plus de 1100 pages avec 700 figures pour la plupart originales. Dans ce livre, les recherches de l'auteur sont présentées dans le cadre d'un exposé didactique complet. C'est un ouvrage dont la conception est tout à fait originale, dont l'analogue n'existait ni en France ni à l'étranger, et qui fait le plus grand honneur à son auteur et à la science francaise.

Rapport de M. Mesnil *sur les travaux de M.* **Maurice Nicolle.**

L'œuvre de M. M. Nicolle se répartit sur plus de trente années d'un labeur ininterrompu et elle porte sur presque tous les problèmes de la bactériologie médicale.

La plupart des bactéries pathogènes ont été passées en revue par M. Nicolle et ses collaborateurs, avec la préoccupation de les mieux *classer*. Pour chacune d'elles, les caractères antigènes ont été disséqués avec un soin minutieux et leur valeur systématique a été exprimée, autant que possible, par des chiffres, permettant plus de précision dans les comparaisons. Si nous ajoutons que cette investigation a porté sur le bacille morveux, les bac. diphtériques et de Preisz-Nocard, les staphylocoques, les pneumocoques, les méningocoques et gonocoques, les bacilles des séries dysentérique et typhique, qu'elle nous a mieux fait connaître la plasticité et la diversité de l'espèce en bactéries, qu'elle a eu, pour certains de ces groupes, des conséquences des plus heureuses au point de vue sérums ou vaccins, nous aurons donné une idée du long développement et des résultats d'une partie de l'œuvre de M. Nicolle.

M. Nicolle s'est aussi beaucoup occupé des toxines (*s. latiore*) et de leur mode d'action, des questions d'immunité (aussi bien végétale qu'animale) envisagées parallèlement aux questions d'anaphylaxie (découverte de l'anaphylaxie passive; théorie générale opposant les actions lytiques aux actions coagulantes), des problèmes de chimiothérapie avec la préoccupation d'expliquer l'action thérapeutique par la constitution chimique des médicaments.

Votre Commission vous demande de souligner l'importance de cette œuvre en proclamant M. **Maurice Nicolle** lauréat du prix le plus marquant dont elle dispose en médecine.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

M. le Dr **Arthur Leclercq** a envoyé un volume de 588 pages ayant pour titre : *Les maladies du cœur et de l'aorte et leur traitement.*

C'est un bon ouvrage didactique, conçu sous une forme personnelle, et dans lequel l'auteur après avoir analysé l'anatomie et la physiologie du cœur, expose d'une manière très méthodique les procédés d'exploration du cœur, les arythmies, la mesure et l'importance de la pression sanguine, puis passe à l'étude de l'angine de poitrine, des lésions et des symptômes du muscle et des valvules cardiaques, de l'aorte, etc. Il termine par le traitement des diverses maladies du cœur.

La Commission propose le Dr **Arthur Leclercq** pour le prix Mège.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Widal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Ravaut**, médecin de l'hôpital Saint-Louis, pour son livre intitulé : *Les maladies dites vénériennes.*

Dans cet ouvrage, écrit pour le public aussi bien que pour le médecin, M. Paul Ravaut a considéré toutes les connaissances importantes que nous avons sur ces infections. Il s'est efforcé de détruire un préjugé qui, ainsi que l'a décrit notre confrère M. Roux dans l'avant-propos de cet ouvrage, « fait regarder comme honteuses des maladies qui devraient être appelées maladies des innocents, tant est grand le nombre de femmes et d'enfants qui en sont atteints, sans l'avoir mérité ».

M. Ravaut a fait œuvre scientifique, sociale et morale en mettant en valeur les notions que chacun doit savoir sur des maladies qui représentent pour l'humanité le plus grand des fléaux. Pour les éviter et les combattre il faut être prévenu, et c'est là le but de ce petit volume.

D'autre part, en lisant ce livre, on comprendra combien sont importantes les applications des recherches personnelles de M. **Ravaut** sur la façon de dépister la syphilis nerveuse, sur l'interprétation de la réaction de Wassermann, sur l'analyse d'un liquide céphalo-rachidien d'un syphilitique, sur le procédé de dosage rapide de l'albumine dans le liquide céphalo-rachidien, sur la période prélinique de la syphilis nerveuse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Vincent rapporteur.)

MM. **Fernand Visbecq**, médecin principal de 1[re] classe, et **Armand Jeandidier**, médecin-major de 1[re] classe, ont adressé un *Guide du Service de Santé en temps de guerre*.

Cet ouvrage, inspiré des enseignements de la guerre, des études et des discussions publiées dans les sociétés savantes pendant celle-ci, est en quelque sorte l'expression de l'expérience pratique acquise par les médecins de l'armée et les médecins de complément pendant cette guerre.

C'est véritablement un modèle de précision et de clarté, joignant à un exposé de tous les actes, décisions et prescriptions du Service de Santé, des qualités de concision qui ne sont pas une de ses moindres qualités. Je puis ajouter que l'ouvrage de MM. Visbecq et Jeandidier est actuellement le *vade-mecum* nécessaire de tout médecin qui veut étudier, et appliquer les exercices techniques du Service de Santé en campagne.

La Commission propose MM. **Visbecq** et **Jeandidier** pour le prix Larrey.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; d'Arsonval, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henry Bordier**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *Diathermie et diathermothérapie*.

La diathermie est l'utilisation dans un but thérapeutique des effets calorifiques des courants de haute fréquence que j'ai fait connaître il y a trente ans.

Cette application particulière s'est beaucoup développée dans ces derniers temps. Le professeur Bordier de Lyon, élève de notre confrère Bergonié, a été un des ouvriers de la première heure. Son livre résume l'état actuel de la question et l'on y trouvera brièvement exposées les recherches personnelles de l'auteur qui ont grandement aidé à la diffusion et au progrès de la méthode.

L'Académie accepte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Girard**, docteur ès sciences, pour ses recherches sur l'*Osmose électrique* des tissus vivants. La méthode, imaginée par M. Pierre Girard, est la seule qui permette actuellement de forcer l'entrée de la paroi cellulaire et par suite de porter dans l'intérieur de la cellule des solutions variées. L'étude de ce moyen nouveau est de grande importance au point de vue thérapeutique..

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Mangin, Ch. Richet, Quenu, Widal ; Henneguy, rapporteur.)

M. le Dr **Robert Noël**, chef des travaux pratiques d'histologie à la Faculté de médecine de Lyon, a établi les variations fonctionnelles de la cellule hépatique chez les Mammifères, en suivant les modifications du chondriome pendant le jeûne et la digestion, et selon les divers modes d'alimentation.

On peut distinguer, dans le cycle évolutif sécrétoire du chondriome, deux phases : l'une ascendante, partant du chondrioconte pour arriver au plaste en passant par des formes en massues, en gouttes, en grains effilés à l'une de leurs extrémités ; l'autre, descendante, partant du plaste pour revenir au chondrioconte initial, en passant par une série de stades analogues, quoique en sens inverse, à ceux de la phase ascendante. Les plastes élaborent des albuminoïdes, des graisses et des formations spéciales « grains à coque », probablement en rapport avec un des principes constituants de la bile.

L'auteur a constaté qu'il existe, dans la cellule hépatique, trois zones : une zone centrale, de repos permanent, dans lequel le chondriome reste constamment filamenteux ; une périphérique, à fonctionnement permanent, au contact de l'espace porto-biliaire, dans laquelle le chondriome est, en toute circonstance, en voie d'élaboration ; et enfin une zone intermédiaire, à fonctionnement variable.

Les processus mitochondriaux passent par deux maxima ; le premier se manifeste 3 heures 30 minutes après le repas et correspond à la mise en réserve des matières alimentaires ; le second a lieu vers la 11e heure ; chacun de ces stades est suivi d'une période de repos. La taille des cellules passe également par deux maxima : 4 heures 45 minutes et 12 heures après le repas. Les capillaires atteignent leur plus grand diamètre 3 heures 30 minutes et 12 heures après le repas.

Enfin l'auteur a étudié l'influence des régimes exclusivement composés de graisses, d'albuminoïdes et d'hydrates de carbone sur la morphologie de la cellule hépatique. Dans chacun de ces cas, on observe des images spéciales et caractéristiques.

Le travail de M. **Noël** est fait avec le plus grand soin et contient une série

de faits nouveaux qui apportent une contribution importante à nos connaissances sur le fonctionnement de la cellule hépatique.

La Commission propose de lui attribuer le prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Charles Richet, rapporteur.)

Les travaux de M. **René Marage** sur la baguette, dite divinatoire, à cause de leur caractère scientifique, nous ont paru dignes d'appeler l'attention de l'Académie.

M. Marage a commencé ses recherches sur la baguette des sourciers en 1898 au laboratoire de M. Marey, au Parc aux Princes. Par de nombreuses observations faites sur des professionnels, il a pu constater que beaucoup de personnes subissent l'influence des courants d'eau souterrains (environ 50 pour 100), en sorte qu'on peut se passer de l'aide des professionnels. Il a vu aussi que la baguette est analogue à un appareil graphique; c'est l'appareil détecteur des mouvements inconscients de la main. Il admet que les succès obtenus sont dans la proportion de 80 pour 100 environ.

Les trois graphiques qu'il a obtenus (*Comptes rendus*, 7 avril 1913) sont tout à fait caractéristiques.

Si votre Commission a désigné M. Marage au prix Emden, c'est non seulement pour la précision de ses travaux, mais aussi pour montrer l'intérêt que nous attachons à cette question très importante. La baguette des sourciers (qui n'a, ainsi que le dit M. Marage, de divinatoire que le nom) est employée dans plusieurs de nos colonies. Il faut espérer que des expérimentateurs méthodiques sauront préciser et codifier les conditions de ce phénomène à la fois réel et inhabituel. M. Marage nous paraît être dans la bonne voie en montrant qu'il s'agit là d'un phénomène physiologique accessible à un contrôle rigoureux.

Nous proposons d'attribuer, à titre d'encouragement, les arrérages du prix Emden à M. **Marage**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, le Prince Bonaparte, Tisserand, Lecomte; Émile Borel, rapporteur.)

Parmi les ouvrages déposés pour le prix Montyon de statistique, l'attention de la Commission a été particulièrement attirée par ceux de M. **Alfred Barriol** et de M. **Herbert Edward Soper.**

M. **Alfred Barriol** est l'auteur de nombreux articles et brochures sur des questions diverses d'économie politique et de statistique, parmi lesquelles il convient de citer particulièrement une étude sur la *statistique de l'emploi des recettes des Compagnies de chemins de fer* et de curieuses recherches sur la *valeur sociale d'un individu*. Il présente, en outre, un ouvrage important : *Théorie et pratique des opérations financières*, dans lequel il a su exposer avec netteté et précision de nombreuses questions qui sont trop souvent traitées sans esprit scientifique; cet ouvrage remarquable, bien que n'étant pas dans toutes ses parties du domaine de la statistique, doit être retenu comme un témoignage des qualités éminentes de l'esprit de son auteur. M. Alfred Barriol a, d'ailleurs, consacré à la statistique une grande part de son activité désintéressée; comme secrétaire général de la Société de Statistique de Paris et, en cette qualité, comme rédacteur en chef de son *Journal*, il a contribué pour une large part au développement des études statistiques en France dans ces vingt dernières années.

La Commission est unanime à proposer l'attribution à M. **Barriol** du prix (1000fr).

M. **Herbert Edward Soper** présente un mémoire intitulé : *Frequency arrays — illustrating the use of logical symbols in the study of statistical and other distributions*, dont le titre fait exactement connaître l'objet. Ce travail théorique est fort intéressant et paraît pouvoir conduire à des conséquences importantes; il dénote chez son auteur de réelles qualités d'invention dans le domaine de l'analyse; on peut seulement regretter que les applications

pratiques ne soient pas développées, au moins à titre d'exemples, et que l'auteur soit resté dans le domaine purement abstrait.

La Commission propose d'attribuer à M. **H. E. Soper** une mention honorable (500fr).

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires: MM. Boussinesq, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Daniel Berthelot; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Bouvier**, docteur en philosophie, pour son ouvrage intitulé : *La pensée d'Ernst Mach, essai de biographie intellectuelle et de critique*, où il retrace la vie intellectuelle d'Ernst Mach, et fait un exposé critique de ses idées sur l'histoire et la philosophie des sciences.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille est décernée à :

M. **Eugène Tassilly**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
M. **Hippolyte Copaux**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

Grand prix des sciences physiques.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, A. Lacroix, Le Chatelier, Henneguy, Termier; Douvillé, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante : *Étude des minerais de fer sédimentaires de l'ère secondaire.*

Un seul mémoire a été présenté par M. **Lucien Cayeux**, professeur au Collège de France; il a pour titre : « *Les minerais de fer oolithiques de France.* II *: Minerais de fer secondaires* ». C'est un énorme volume de 1051 pages, 35 planches, avec 63 figures dans le texte; il fait partie des Mémoires de la Carte géologique détaillée de la France.

L'auteur étudie successivement avec grands détails les minerais des divers étages du Jurassique et de l'Infracrétacé aux points de vue géologique et pétrographique, en s'aidant de très nombreuses coupes en lames minces.

Dans un chapitre final il résume les résultats de ses observations sur le mode de formation de ces minerais : ils sont constitués soit par de véritables oolithes, soit par des pseudo-oolithes formées de fragments roulés, et fréquemment de débris d'encrines. Ces éléments étaient primitivement calcaires; ils ont été transformés en hématite, le plus souvent en hématite brune, soit en passant par un stade sidérose ou même chlorite, soit directement. Le fer a été emprunté au milieu ambiant et résulte du démantellement des continents, à la suite de la formation des chaînes hercyniennes.

Tous les gisements se sont formés à une profondeur faible, mais cependant loin des rivages; ils présentent la trace d'actions mécaniques intenses : les oolithes sont souvent brisées, elles sont associées à des fragments de minerai, provenant soit de la couche elle-même, soit du large, soit de dépôts plus rapprochés du rivage. Ces gisements sont ainsi étroitement liés, comme les brèches, à des ruptures d'équilibre et à des ridements du fond de la mer; mais en outre ils ont été déplacés et soumis à une sorte de préparation mécanique qui les a concentrés et enrichis. Le milieu même où ils se

sont formés échappe ordinairement à nos observations, et cependant c'est en ce point seulement que la transformation en hématite s'est effectuée; on constate toujours qu'elle est antérieure à la mise en place des éléments et qu'elle s'est arrêtée dès qu'ils ont été arrachés à leur milieu d'origine. On est ainsi conduit à admettre que cette transformation est due à des actions biochimiques et qu'elle s'est effectuée sous l'influence d'organismes vivants.

La Commission n'a pu que féliciter l'auteur de cette étude magistrale; elle vous propose à l'unanimité de lui décerner le prix.

L'Académie accepte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Charles Richet, Mesnil; Joubin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix au travail déposé en 1922 par le Dr **André Thomas**, médecin de l'hôpital Saint-Joseph à Paris, intitulé : *Le réflexe pilo-moteur*, volume accompagné de nombreuses figures et de photographies.

Le sujet paraît tout d'abord assez peu important, puisqu'il s'agit du phénomène vulgairement connu sous le nom de *chair de poule*. En réalité le travail de M. Thomas se rattache à une étude générale du système nerveux grand sympathique, envisagée aux points de vue anatomique, physiologique et pathologique; sa portée est plus considérable que son titre semble l'indiquer.

L'appareil sympathique est encore mal connu ; sa physiologie reste obscure sur beaucoup de points et l'auteur apporte une intéressante contribution à sa connaissance.

Son livre débute par une étude morphologique du tissu musculaire lisse spécialisé dans diverses régions de la peau : muscles érecteurs des poils, muscle mamillo-aréolé, dartos. Puis vient une mise au point de l'innervation de l'appareil pilo-moteur dans sa structure et sa physiologie, et enfin une discussion de certaines questions litigieuses comme celle des réflexes ganglionnaires.

Dans la seconde partie de son ouvrage, l'auteur met à profit les très nombreuses observations qu'il a faites pendant la guerre sur une quantité de blessés présentant des lésions variées du système nerveux, et des altérations

des réflexes pilo-moteurs consécutives à des traumatismes de la moelle. Beaucoup de ces blessés ayant succombé, des études anatomiques et histologiques ont pu compléter les observations cliniques.

Le réflexe pilo-moteur, étudié chez des sujets sains, a pu ainsi être comparé à ce même réflexe chez des sujets à moelle interrompue. L'auteur a constaté que dans ce dernier cas on se trouve en présence de deux réflexes différents, l'un produit par le segment médullaire céphalique, l'autre par le segment périphérique. En tenant compte du niveau de la section, en comparant les variations des réflexes résultants, l'auteur est arrivé à délimiter exactement les centres pilo-moteurs, pour chaque partie du corps, dans la moelle humaine. On peut en déduire la possibilité de préciser, dans certaines affections médullaires, le siège et l'étendue de la lésion.

Il est impossible d'entrer ici dans les détails des observations faites par le Dr **Thomas** dans les cas variés de lésions plus ou moins étendues, intéressant, par exemple, les racines rachidiennes antérieures ou postérieures; dans certains cas le réflexe est aboli, dans d'autres il est exagéré. Il en tire une série de considérations originales qui ont une réelle importance, non seulement pour la pathologie du système nerveux, mais aussi pour la physiologie du grand sympathique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SERRES.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Bouvier, Henneguy, Marchal, Charles Richet, Mesnil, Gravier; Joubin, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie d'attribuer le prix Serres à **Georges Pruvot**, professeur honoraire à la Sorbonne.

Au cours de sa longue carrière universitaire, M. Pruvot a fait d'importants travaux dans diverses branches de la biologie. On peut citer d'abord une étude sur l'anatomie et le développement de la larve d'un insecte diptère, la *Teichomyza fusca*. Puis, il s'est spécialisé dans les recherches sur les animaux marins; ses publications suivantes ont porté sur l'anatomie comparée des Annélides, plus spécialement sur la morphologie de leur système nerveux, la formation des stolons des Syllidiens, la classification des Euniciens, etc.

M. Pruvot a étudié ensuite le développement d'un mollusque gastéro-

pode, *Philine aperta*, qu'il a suivi entièrement et chez lequel il a pu préciser l'origine de divers organes, notamment le système nerveux.

C'est à lui que l'on doit pour la presque totalité la connaissance d'un groupe extrêmement important, les Néoméniens, sur la structure desquels on n'avait que des notions rudimentaires, dont la place dans la classification et les rapports morphologiques étaient inconnus; il a établi leur position définitive à la base des Mollusques. Il est le seul observateur qui ait non seulement vu, mais suivi depuis l'œuf jusqu'à la forme adulte, le développement de ces animaux qui passent par une métamorphose des plus curieuses.

Ces importants travaux sont classiques et personne ne les a depuis retouchés.

M. Pruvot ayant succédé à M. de Lacaze Duthiers à la Sorbonne et à la direction du laboratoire de Banyuls, a publié des travaux de première importance sur la répartition des faunes marines sur nos côtes de la Méditerranée, puis de l'Atlantique, en fonction de la nature du sol, de l'exposition, des marées, des courants, etc. Les conclusions de ces recherches ont été adoptées par tous les naturalistes qui s'occupent des faunes marines et étendues à toutes les mers. On luit doit d'intéressantes recherches sur le sol marin profond de la Méditerranée et de fructueuses croisières dans cette mer.

Comme directeur des *Archives de Zoologie* fondées par de Lacaze Duthiers, ainsi que par ses libéralités au laboratoire de Banyuls, il a contribué largement au progrès de l'Anatomie comparée, de l'Embryologie et de la Biologie marines.

Pour toutes ces raisons, la Commission a estimé juste de proposer à l'Académie de récompenser la longue carrière scientifique de M. **Georges Pruvot** en lui attribuant le prix Serres.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

(Sciences mathématiques.)

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Bigourdan, Lecornu; Émile Borel, rapporteur.

La Commission propose de décerner le prix à M. **Élie Cartan**, professeur

à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

(Sciences naturelles.)

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Bouvier, Douvillé, Mangin, Termier; A. Lacroix, rapporteur.)

A l'unanimité la Commission propose d'attribuer le prix à l'œuvre minéralogique de feu **Grégoire Wyrouboff**, professeur au Collège de France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ESTRADE-DELCROS.

(Commissaires : MM. Appell, Deslandres, Baillaud, Hamy, Kœnigs, Borel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Baire**, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Dijon, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bigourdan, Baillaud, Kœnigs, Borel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lee de Forest**, membre de l'American Institute of radio-engineers, inventeur de la lampe à trois électrodes, dont les travaux ont amené des perfectionnements considérables dans la technique des ondes hertziennes et ont rendu possible la téléphonie sans fil.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Ouvrages de Science.)

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, A. Lacroix, Appell, Moureu, Paul Janet; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Lenoir**, docteur en pharmacie, inspecteur des pharmacies, pour son ouvrage intitulé : *Historique et législation du salpêtre. Les pharmaciens et les ateliers révolutionnaires du salpêtre* (1793-1795).

L'auteur a, dans ce livre, apporté une contribution intéressante à un chapitre de la chimie industrielle, qui, vers la fin du XVIIIe siècle, comme au début du XXe, a joué un grand rôle dans la défense nationale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Guignard, A. Lacroix, Maquenne, Mangin, Charles Richet, Leclainche; Roux rapporteur).

M. **Albert Goris**, professeur agrégé de la Faculté de pharmacie de Paris, a étudié les conditions de développement du bacille pyocyanique et de production de son pigment sur des milieux nutritifs synthétiques à base des différents sels ammonicaux organiques et minéraux.

Les premiers sont favorables au développement et à la formation de pyocyanine. Les sels minéraux au contraire ne peuvent servir à la nutrition du microorganisme; mais additionnés de certains hydrates de carbone, susceptibles d'être oxydés et transformés en acides, ils peuvent donner lieu à l'apparition du pigment.

Le fait est dû à ce que l'acide ainsi formé donne un sel organique ammoniacal aux dépens des sels minéraux ou des substances azotées (l'urée par exemple), ajoutées au milieu.

Les acides aminés, eux-mêmes, ne servent d'aliments que transformés en sels ammoniacaux par désamination et transport du groupe AzH^3 sur la fonction acide, par l'action du microbe.

Les recherches de M. Albert Goris établissent donc : que la présence d'un sel ammoniacal organique est *nécessaire* et même *suffisante* pour le développement du bacille pyocyanique et la formation du pigment.

La formation de ce pigment dans un milieu non additionné de sel ammoniacal ne peut avoir lieu que si les modifications apportées par la culture au milieu nutritif se traduisent par la *formation d'un sel ammoniacal organique*.

La Commission propose d'attribuer à M. **Albert Goris** le prix Lonchampt.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Guignard, Bigourdan, Kœnigs, Borel; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Wilde à M. **Fernand Delhaye**, ingénieur des mines à Mons, pour l'ensemble de ses travaux géologiques et géographiques sur le Congo belge et le Congo français, où il a rempli de nombreuses, fructueuses et parfois périlleuses missions : Haut Katanga (1911-1912), Bas-Congo (1914 et 1918-1919), Ruanda et Urimdi (1921-1922). Il en a rapporté d'importantes notions nouvelles sur la tectonique, la stratigraphie et les gisements métallifères de cette vaste région encore imparfaitement connue. Les travaux de M. **Delhaye** (en collaboration avec M. Sluys) sur la tectonique du Bas-Congo ont été, l'an dernier, honorés du prix triennal de l'Académie royale de Belgique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Giraud**, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour ses travaux sur les fonctions automorphes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École centrale des arts et manufactures.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de cette fondation entre Mmes **Cusco** et **Rück**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à MM. **Louis-Léon-Charles Neltner**, né à Toulouse, Haute-Garonne, le 9 juillet 1903, et **Pierre-Marie-François Angot**, né à Verfeil, Haute-Garonne, le 25 avril 1902, sortis avec le n° 1, en 1923, de l'École Polytechnique.

Les ressources de la fondation ne permettant plus de donner au lauréat un exemplaire des Œuvres de Laplace, une médaille portant l'inscription de son nom et de l'attribution du prix, lui sera remise.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé, ainsi qu'il suit, entre les quatre élèves, dont les noms suivent, sortis en 1923, avec le nº 1 ou 2 de l'École Polytechnique, dans les corps des Mines et des Ponts et Chaussées :

M. **Louis-Léon-Charles Neltner**, sorti premier dans le corps des mines (promotion 1921 B), reçoit 750^{fr};

M. **Pierre-Marie-François Angot**, sorti premier dans le corps des Mines (promotion 1921 A), reçoit 500^{fr};

M. **Marcel-René Mary**, sorti premier dans le corps des Ponts et Chaussées (promotion 1921 B), reçoit 750^{fr}.

M. **Jean Truffot**, sorti premier dans le corps des Ponts et Chaussées (promotion 1921 A), reçoit 500^{fr}.

Le prix est également accordé, *à titre honorifique*, aux quatre autres élèves sortis en 1923, avec le nº 1 ou 2 de l'École Polytechnique, dans les corps des Mines et des Ponts et Chaussées :

MM. **Jean Malavoy**, **Auguste-Anthime-Georges Duchemin**, **Jacques Pelissier**, **André Schuhl**.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard, Appell, Guignard ; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix de 2000^{fr} à M. **Augustin Boutaric**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour son ouvrage intitulé : *La vie des atomes*. C'est un exposé d'ensemble très clair et très sûr des découvertes modernes sur les rayons X, les rayons cathodiques, les rayons positifs, les corps radioactifs, et les conclusions nouvelles qui s'en sont dégagées touchant la structure de la matière.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation en prix à M. **Gustave Eiffel**, ingénieur des arts et manufactures, pour ses travaux d'aérodynamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Haller, Bigourdan, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Henri Becquerel à M. **William Bell Dawson**, Superintendant of Tidal Survey, au Canada, pour ses travaux sur les marées et les courants.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDS BONAPARTE.

Aucune subvention n'est attribuée.

FONDATION LOUTREUIL

(Membres du Conseil : MM. Haller, Émile Picard, A. Lacroix, Le Chatelier, le prince Bonaparte ; Daniel Berthelot, rapporteur.)

L'Académie a reçu 41 demandes de subvention.

Après avis du Comité consultatif, le Conseil a décidé d'accorder les subventions suivantes :

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Museum national d'histoire naturelle.* — 10000^{fr} à M. l'abbé **Pierre Teilhard de Chardin**, maître de conférences à l'Institut catholique de Paris, pour explorer au point de vue géologique et paléontologique les régions qui s'étendent jusqu'aux confins de la Mongolie.

Dans ces régions ont été découverts d'importants gisements de mammifères fossiles, à l'exploration desquels se sont consacrés déjà des géologues suédois et américains. Il importe que la France ne reste pas étrangère à leur étude. Le Ministère de l'Instruction publique et le Muséum ont déjà donné une somme égale à M. **Teilhard de Chardin** que ses travaux antérieurs et ses qualités d'explorateur désignaient particulièrement pour cette mission ; il se trouve actuellement sur les lieux.

2° *Conseil central des Observatoires.* — 3000^{fr} à M. **Armand Lambert**, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, pour aider à l'impression du Catalogue des étoiles fondamentales de l'Observatoire de Paris.

Il y a un réel intérêt à fournir sans tarder aux astronomes les documents donnant les résultats d'observations précises et récentes.

Le Catalogue actuellement achevé de M. Lambert donne, pour l'équinoxe de 1915, les positions de 1845 étoiles.

3° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 3000^{fr} à M. le professeur **François Maignon**, pour la continuation de ses recherches sur la constitution physico-chimique des diastases (catalyseurs biologiques) et le mécanisme de leur action.

850^{fr} à M. le professeur **P. Dechambre**, pour l'achat d'un appareil destiné à l'étude des laines.

3000fr à M. le chef des travaux **André Delmer**, pour des recherches relatives à la physiologie de la mamelle et aux auto-intoxications dites gravidiques chez la femme et chez les femelles domestiques.

3000fr à MM. le professeur **Adrien Panisset** et le chef de travaux **Jean Verge**, pour continuer les recherches qu'ils ont entreprises sur la chimiothérapie des maladies infectieuses des animaux.

5000fr, à M. le professeur **Émile Nicolas**, pour l'achat d'un centrifugeur.

4° *École nationale vétérinaire de Lyon*. — 2000fr à M. le professeur **Douville**, pour poursuivre ses recherches sur l'étiologie de la maladie du jeune âge, les ictères infectieux, la gastro-entérite hémorragique chez le chien, sur leurs rapports avec les spirochétoses, sur des essais de traitement par la chimiothérapie et la sérothérapie, et pour l'achat d'un appareil d'ultra-microscopie.

2000fr à M. le professeur **G. Marotel**, pour continuer ses recherches sur deux maladies parasitaires des animaux domestiques : la cylicostomose larvaire équine et la gale démodécique du chien.

4000fr à M. le professeur **Joseph Basset**, pour terminer ses recherches sur la fièvre typhoïde du cheval.

2000fr à M. le professeur **L. Jung**, pour poursuivre ses recherches sur les transformations des albumines alimentaires dans l'organisme et particulièrement leur rôle dans l'adipogenèse, sur le rôle chimique de la salive mixte dans les différentes espèces; sur l'origine de l'amylase salivaire et les facteurs possibles de son activation.

5° *École nationale vétérinaire de Toulouse*. — 3000fr à M. le professeur **Albert Daille**, pour la recherche d'un sérum préventif et curatif contre la diarrhée épizootique des veaux nouveau-nés.

500fr à M. le professeur **Charles Hervieux** pour une étude de putréfaction intestinale et de coprologie.

1500fr à M. le professeur **Clément Bressou** pour entreprendre des recherches sur le système lymphatique des animaux domestiques.

II. — *Sur demandes indépendantes.*

2500^{fr} à M. **Henri Colin**, professeur à l'Institut catholique de Paris, pour l'achat d'un monochromateur Bruhat et ses accessoires, notamment une lampe à vapeur de mercure, pour ses recherches sur l'hydrolyse des hydrates de carbone.

5000^{fr} au **Comité de la Carte géologique d'Afrique**, dont le secrétaire est M. **Emmanuel de Margerie**, pour l'établissement de cette carte.

Au cours du Congrès géologique international tenu à Toronto en 1913 a été discuté l'établissement d'une carte géologique du monde au 1/5000000e. Il a paru aux géologues français que la rédaction et la publication de la Carte d'Afrique devraient être revendiquées par notre pays en raison de la grandeur de ses intérêts dans cette partie du monde et de l'importance des travaux qu'y ont effectués nos compatriotes.

Aussi au Congrès géologique international tenu à Bruxelles l'an passé fut-il décidé, sur la proposition de M. Alfred Lacroix, de charger la France de ce travail. Les documents rassemblés dans les colonies tant françaises qu'anglaises, portugaises, espagnoles, belges et italiennes, seront centralisés; et la somme de 5000^{fr}, spécifiée ci-dessus, sera consacrée à dessiner un premier canevas géographique sur lequel seront reportées et unifiées les données géologiques.

4000^{fr} à M. **Gaston Fayet**, directeur de l'Observatoire de Nice, pour l'impression du Catalogue des étoiles intermédiaires de la zone confiée à cet observatoire, par le Comité international permanent de la Carte photographique du Ciel.

10000^{fr} à la **Fédération française des sociétés de sciences naturelles**, pour la publication de la faune de France.

Confiée à des spécialistes d'une compétence reconnue, cette publication est une œuvre originale appelée à rendre de plus en plus de services aux travailleurs. Plusieurs volumes importants, tels que les Annélides de M. Fauvel, et les Pantopodes de M. Bouvier, sont à l'impression cette année.

6000^{fr} à M. **Edmond Friedel**, ingénieur du corps des mines à Strasbourg, pour ses travaux sur la diffraction des rayons X par les corps smectiques.

M. Friedel suit les traces de son père et de son grand-père. Sous la

direction de M. de Broglie et dans le laboratoire de celui-ci, il a entrepris des travaux sur la diffraction des rayons X dont il est permis d'attendre des résultats intéressants, mais qui exigent l'emploi d'un matériel fort coûteux.

10000^{fr} à M. **Guillaume Grandidier**, secrétaire général de la Société de Géographie, pour terminer l'impression du quatrième et dernier volume de l'*Ethnographie de Madagascar*, et pour poursuivre la publication de l'*Histoire de Madagascar*.

M. Alfred Grandidier a laissé inachevé son monumental ouvrage intitulé *Histoire de Madagascar*, dont la publication a commencé il y a plus d'un demi-siècle.

Le manuscrit du quatrième et dernier volume de l'*Ethnographie* est terminé. Son impression coûtera 25000^{fr}, dont un tiers seulement est couvert par des souscriptions. En accordant la subvention proposée de 10000^{fr}, l'Académie rendra hommage à la belle œuvre de notre regretté confrère, en même temps qu'elle encouragera M. Guillaume Grandidier, collaborateur de son père, à suivre le chemin qu'il lui a tracé.

2000^{fr} à M. **Benjamin Jekhowsky**, aide astronome à l'Observatoire d'Alger, pour l'« Étude des clichés de l'Observatoire d'Alger au point de vue de la recherche des petites planètes ».

10000^{fr} au **Laboratoire central d'Électricité de Paris**, pour ses recherches sur les « Étalons de l'ohm international ».

On sait que si l'établissement, la comparaison et la conservation des étalons fondamentaux du système métrique sont confiés à un organisme d'un caractère international, le Bureau des Poids et Mesures, il n'en est pas de même pour les étalons électriques dont la définition précise a été plus tardive, mais dont l'importance scientifique et pratique est aujourd'hui à peine moins considérable. L'étude de ces derniers a été remise dans les principaux pays modernes à des laboratoires nationaux, pourvus d'un outillage perfectionné : National Physical Laboratory, en Angleterre; Bureau of Standards, aux États-Unis; Physikalische Reichsanstalt, en Allemagne. Il n'en a pas été de même en France. A défaut de l'État, c'est un organisme issu de l'initiative privée, le Laboratoire central d'Électricité, géré par une association de savants et d'industriels, la Société française des Électriciens, qui s'est chargé de cette tâche.

A la suite de la Conférence internationale des Unités électriques réunie

à Londres en 1908, il prit donc, parallèlement aux trois laboratoires nationaux indiqués ci-dessus, sa part du programme commun. Notre regretté collègue, M. Benoît, voulut bien assumer le travail extrêmement long et minutieux de la comparaison de dix étalons prototypes de l'ohm international. Il y consacra une grande partie de ses dernières années, et s'en acquitta avec sa conscience et sa maîtrise universellement reconnues.

Il importe maintenant de continuer ces recherches par la comparaison de l'ohm international réalisé en France, avec ceux des pays étrangers, ce qui exigera la réalisation en fonction des prototypes mercuriels établis en France, d'un certain nombre de résistances métalliques en manganin qui seront mises en observation pendant un temps prolongé, comparées aux étalons prototypes, et envoyées aux laboratoires nationaux des pays étrangers.

10000^{fr} à M. **Charles Marie**, secrétaire général des *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie*, pour cette publication.

5000^{fr} à l'**Office central de chauffe rationnelle** pour l'étude de la mesure des hautes températures dans l'industrie et l'amélioration des instruments employés dans la pratique.

Il s'agit là d'un problème à l'ordre du jour et dont l'étude scientifique s'est posée avec un véritable caractère d'urgence à la suite des conditions économiques nouvelles et si difficiles, dans lesquelles se trouvent le monde entier et la France en particulier à la suite de la guerre mondiale. L'organisme qui a assumé cette tâche s'est assuré le concours de spécialistes dont la compétence est une garantie que la subvention sera utilisée pour le mieux.

8000^{fr} à M. **Georges Perrier**, colonel, chef de la Section géodésique au Service géographique de l'armée, pour contribuer à la mise au point des travaux d'ordre astronomique et géodésique exécutés sur le terrain par la Mission de l'Équateur.

L'Académie s'est toujours beaucoup intéressée à la Mission géodésique de l'Équateur qui a été effectuée sous son contrôle. Depuis la guerre, le colonel Perrier, qui a assumé la charge, non seulement d'une partie du travail, mais de la publication des résultats de cette mission, ne peut plus compter, comme auparavant, sur le concours financier du Service géographique de l'armée. Il y a d'autre part un intérêt évident, à la fois scienti-

fique et national, à ce que les résultats de cette mission déjà lointaine soient publiés le plus tôt possible.

1000fr à M. **Claude Pierre** pour compléter sa documentation en vue d'une monographie des *Tipulidæ* de France.

M. Pierre est un spécialiste qui, depuis de longues années, s'est consacré à cette étude. La subvention précédente l'aidera dans ses coûteuses campagnes de recherches.

4000fr à M. **Joseph-Jean Rey**, lieutenant de vaisseau en retraite, pour ses recherches de radiogonométrie.

M. Rey s'occupe depuis longtemps de cet ordre d'études. Ses premières mesures sur l'électricité atmosphérique datent de l'expédition Charcot (1903). Sa thèse de doctorat (1912) a trait à la production de charges électriques libres par l'écrasement de gouttelettes liquides contre un obstacle solide. Il se propose de poursuivre à Meudon, sous la direction de M. Deslandres, des recherches de radiogonométrie et de déviation des ondes électriques, en vue d'arriver à mieux connaître les conditions météorologique, électrique et magnétique de l'atmosphère.

Les subventions accordées s'élèvent à la somme de 120350fr. Nous en donnons la récapitulation dans le Tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*

	fr
Muséum national d'histoire naturelle :	
M. l'abbé Teilhard de Chardin	10000
Conseil central des Observatoires :	
M. Armand Lambert	3000
École nationale vétérinaire d'Alfort :	
M. François Maignon	3000
M. P. Dechambre	850
M. André Delmer	3000
MM. Adrien Panisset et Jean Verge	3000
M. Émile Nicolas	5000
École nationale vétérinaire de Lyon :	
M. Douville	2000
M. G. Marotel	2000
M. Joseph Basset	4000
M. L. Jung	2000
A reporter	37850

Report..........	37850^{fr}
École nationale vétérinaire de Toulouse :	
M. Albert Daille..................................	3000
M. Charles Hervieux..................................	500
M. Clément Bressou..................................	1500
2° *Subventions accordées sur demandes directes :*	
M. Henri Colin..................................	2500
Comité de la Carte géologique d'Afrique.............	5000
M. Gaston Fayet..................................	4000
Fédération française des Sociétés de sciences naturelles.	10000
M. Edmond Friedel..................................	6000
M. Guillaume Grandidier..................................	10000
M. Benjamin Jekhowsky..................................	2000
Laboratoire central d'électricité..................................	10000
M. Charles Marie..................................	10000
Office central de chauffe rationnelle..................	5000
M. Georges Perrier..................................	8000
M. C. Pierre..................................	1000
M. J.-J. Rey..................................	4000
Total.........	120350

FONDS BOUCHARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Ch. Richet, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; Quénu, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie d'attribuer l'annuité du fonds Bouchard à M. le Dr **Pierre Loisel**, préparateur au laboratoire de physique de la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches sur la radioactivité des eaux thermales.

Le Dr Pierre Loisel a fait toute une série de recherches sur la radioactivité d'un certain nombre d'eaux thermales et en particulier des eaux de Bagnoles-de-l'Orne. Huit notes ont été présentées depuis 1921 à l'Académie des Sciences par MM. Villard, Lippmann et Berthelot. Au cours de ces recherches, M. Loisel pense avoir découvert dans les gaz des sources de Bagnoles une nouvelle émanation radioactive qu'il a appelée l'Emilium, il étudie en ce moment les granites de la région pour isoler les corps radioactifs, d'où dérive cette nouvelle émanation. Il a recherché les relations

existant entre les phénomènes météorologiques et la teneur des sources thermales en émanation de radium.

Ces recherches paraissent fort intéressantes, susceptibles d'ouvrir une voie nouvelle dans l'interprétation encore fort obscure des effets des eaux minérales. Elles méritent d'être encouragées. M. **Pierre Loisel** y a consacré son temps et une partie de son très modeste patrimoine, il semble digne de l'aide que permet de lui apporter le fonds Bouchard.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Rateau, Charpy, de Chardonnet, Lumière, Laubeuf; H. Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de mettre une somme de 10000^{fr} à la disposition de M. **Michel Samsoen**, ingénieur des arts et manufactures, pour des recherches sur la viscosité des verres à haute température et sur leur dilatation. La viscosité est le facteur essentiel dont dépend le travail du verre; le coefficient de variation de cette propriété en fonction de la température joue un rôle important dans le fonctionnement des machines automatiques à souffler le verre. La dilatation intervient dans les phénomènes de trempe et dans la rupture du verre par suite des changements brusques de température.

Les expériences porteront sur des séries de verre de composition progressivement variable encadrant les compositions les plus usuelles. La dilatation sera enregistrée photographiquement par la méthode de Chevenard; les mesures seront poussées jusqu'au point de ramollissement commençant du verre, de façon à étudier l'anomalie signalée précédemment par M. Lafon. La viscosité sera mesurée dans l'intervalle de travail du verre, c'est-à-dire entre 800° et 1200°. Pour sa mesure, on emploiera la méthode de la tige cylindrique plongeant et tournant dans le verre fondu.

Ces recherches seront poursuivies au laboratoire de Chimie générale de la Sorbonne. La moitié de la subvention sera versée dès la mise en route du travail et la seconde moitié après la remise du mémoire final.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURES.

M. **Émile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *Les théories de l'Optique et l'œuvre d'Hippolyte Fizeau.*

A. Lx et E. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1923.

MATHÉMATIQUES.

PRIX BORDIN. — Le prix est décerné à M. *Émile Gau* 1361
PRIX FRANCŒUR. — Le prix est décerné à M. l'abbé *Gaston Bertrand* 1363

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON. — Le prix est décerné à M. *Henri Chipart* 1363
PRIX PONCELET. — Le prix est décerné à feu *Auguste Boulanger* 1364

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE. — Le prix est décerné à M. *Charles Gallissot* 1364
PRIX BENJAMIN VALZ. — Le prix est décerné à M. *Walter Sidney Adams* 1366

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY. — Le prix est décerné à M. *Jules de Schokalsky* 1366
PRIX TCHIHATCHEF. — Le prix est décerné à M. le commandant *Léon Dussault* 1367

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS. — Un prix est décerné à M. le commandant *Charles Lafon*, un autre à M. *Stanislas Millot* 1368

PHYSIQUE.

PRIX GASTON PLANTÉ. — Le prix est décerné à M. *Marius Latour* 1370
PRIX HEBERT. — Le prix est décerné à M. *Edmond Bauer* 1371
PRIX HENRI DE PARVILLE. — Le prix est décerné à feu *Maurice Guéritot* 1372
PRIX HUGHES. — Le prix est décerné à M. *Eugène Bloch* 1373
PRIX PIERSON-PERRIN. — Le prix est décerné à M. *Pierre Weiss* 1373
FONDATION DANTON. — La subvention est accordée à M. *Fernand Holweck* 1373
FONDATION CLÉMENT FÉLIX. — La subvention est accordée à M. *Raymond Jouaust* 1374

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES. — Un prix est décerné à M. *Eugène Tassilly*; une mention honorable est décernée à M. *Roger Douris* 1374
PRIX JECKER. — Le prix est décerné à M. *Marc Tiffeneau* 1375
FONDATION CAHOURS. — Les arrérages de la fondation sont partagés entre Mlle *Jeanne Lévy* et Mme *Mélanie Rosenblatt* 1377
PRIX HOUZEAU. — Le prix est décerné à M. *Hippolyte Copaux* 1378

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE. — Le prix est décerné à

M. *Maurice Cossmann* 1379
Prix Victor Raulin. — Le prix est décerné à M. *René Bourret* 1380
Prix Joseph Labbé. — Le prix est décerné à M. *André Defline* 1380
Prix James Hall. — Le prix est décerné à M. *Gaston Delépine* 1381

BOTANIQUE.

Prix de Coincy. — Le prix est décerné à M. *Henri Humbert* 1383
Prix Jean de Rufz de Lavison. — Le prix est décerné à M. *Gustave Nicolas* 1384

ÉCONOMIE RURALE.

Prix Bigot de Morogues. — Le prix est décerné à M. *Louis Ravaz* 1885

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Prix Cuvier. — Le prix est décerné à M. *Clément Vaney* 1386
Fondation Savigny. — Le prix est décerné à M. *Gaston Seurat* 1388

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Prix Montyon. — Un prix est décerné à M. *Georges Bourguignon;* un autre à MM. *Georges Guillain, Guy Laroche* et *Paul Lechelle;* un troisième à MM. *Eugène Rochard* et *Wolf-Maurice Stern;* une mention honorable est attribuée à M. *Jean Guisez;* une autre à MM. *Thierry de Martel* et *Édouard Antoine;* une troisième à MM. *Maurice Ségard;* une citation est accordée à M. *Paul Blum* 1389
Prix Barbier. — Le prix est décerné à M. le Dr *Maurice Fontoynont* 1393
Prix Bréant. — Le prix est décerné à MM. *Robert Sazerac* et *Constantin Levaditi* 1394
Prix Chaussier. — Un prix est décerné à M. *Justin Jolly*, un autre à M. *Maurice Nicolle* 1396
Prix Mège. — Le prix est décerné à M. le Dr *Arthur Leclercq* 1399
Prix Bellion. — Le prix est décerné à M. *Paul Ravaut* 1399
Prix du baron Larrey. — Le prix est décerné à MM. *Fernand Visbecq* et *Armand Jeandidier* 1400

PHYSIOLOGIE.

Prix Montyon. — Le prix est décerné à M. *Henry Bordier* 1401
Prix Pourat. — Le prix est décerné à M. *Pierre Girard* 1401
Prix Philipeaux. — Le prix est décerné à M. *Robert Noël* 1402
Prix Fanny Emden. — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. le Dr *René Marage* 1403

STATISTIQUE.

Prix Montyon. — Le prix est décerné à M. *Alfred Barriol;* une mention honorable est attribuée à M. *Hebert Edward Soper* 1404

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Prix Binoux. — Le prix est décerné à M. *Robert Bouvier* 1405

MÉDAILLES.

Médaille Berthelot. — La médaille est décernée à MM. *Eugène Tassilly* et *Hippolyte Copaux* 1405

PRIX GÉNÉRAUX.

Prix fondé par l'État : Grand prix des Sciences physiques. — Le prix est décerné à M. *Lucien Cayeux* 1406
Prix Lallemand. — Le prix est décerné à M. *André Thomas* 1407
Prix Serres. — Le prix est décerné à M. *Georges Pruvot* 1408
Prix Petit d'Ormoy : *Sciences mathématiques pures et appliquées.* — Le prix est décerné à M. *Élie Cartan* 1409
Prix Petit d'Ormoy : *Sciences naturelles.* — Le prix est décerné à feu *Grégoire Wyrouboff* 1410
Prix Estrade-Delcros. — Le prix est décerné à M. *René Baire* 1410
Prix Saintour. — Le prix est décerné à M. *Lee De Forest* 1410
Prix Henri de Parville. — Le prix est décerné à M. *Henri Lenoir* 1411
Prix Longchampt — Le prix est décerné à M. *Albert Goris* 1411
Prix Henry Wilde. — Le prix est décerné à M. *Fernand Delhaye* 1412
Prix Gustave Roux. — Le prix est décerné à M. *Georges Giraud* 1412
Prix Thorlet. — Le prix est décerné à M. *Adophe Richard* 1413

FONDATIONS SPÉCIALES.

Fondation Lannelongue. — Les arrérages de la fondation sont partagés entre Mmes *Cusco* et *Rück* 1413

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Le prix est décerné à MM. *Louis-Léon-Charles Neltner* et *Pierre-Marie-François Angot*.......... 1413

PRIX RIVOT. — Le prix est partagé entre MM. *Louis-Léon-Charles Nelner*, *Pierre-Marie-François Angot*, *Marcel-René Mary* et *Jean Truffot*; le prix est également accordé, à titre honorifique, à MM. *Jean Malavoy*, *Auguste-Anthime-Georges Duchemin*, *Jacques Pélissier*, *André Schuhl*........................... 1414

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION GEGNER. — Un prix est décerné à M. *Augustin Boutaric*............... 1415

FONDATION HIRN. — Un prix est décerné à M. *Gustave Eiffel*..................... 1415

FONDATION HENRI BECQUEREL. — Un prix est décerné à M. *William Bell Dawson*. 1415

FONDATION LOUTREUIL. — Des subventions sont accordées à M. l'abbé *Pierre Teilhard de Chardin*, à M. *Armand Lambert*, à M. *François Maignon*, à M. *P. Dechambre*, à M. *André Delmer*, à MM. *Adrien Panisset* et *Jean Verge*, à M. *Émile Nicolas*, à M. *Douville*, à M. *G. Marotel*, à M. *Joseph Basset*, à M. *L. Jung*, à M. *Albert Daille*, à M. *Charles Hervieux*, à M. *Clément Bresson*, à M. *Henri Colin*, au *Comité de la Carte géologique d'Afrique*, à M. *Gaston Fayet*, à la *Fédération française des sociétés de sciences naturelles*, à M. *Edmond Friedel*, à M. *Guillaume Grandidier*, à M. *Benjamin Jekhowsky*, au *Laboratoire central d'électricité*, à M. *Charles Marie*, à l'*Office central de chauffe rationnelle*, à M. le colonel *Georges Perrier*, à M. *Claude Pierre*, à M. *J.-J. Rey*.......................... 1416

FONDS CHARLES BOUCHARD. — L'annuité est attribuée à M. le Dr *Pierre Loisel*...... 1422

FONDATION HENRY LE CHATELIER. — Une subvention est accordée à M. *Michel Samsoen*.............................. 1423

ERRATA.

(Séance du 10 décembre 1923.)

Note de MM. *A. Bouzat* et *E. Chauvenet*, Chaleurs de dissolution et de formation des chlorures doubles : $CuCl^2\,2KCl\,2H^2O$, $CuCl^2\,2RbCl\,2H^2O$, $CuCl^2\,2CsCl\,2H^2O$, et des sels anhydres correspondants :

Page 1295, ligne 23, *au lieu de* $\left[Cu^{Cl^4}_{(H^2O^2)}\right]$, *lire* $\left[Cu^{Cl^4}_{(H^2O)^2}\right]$.

Note de M. *Robert Lévy*, Sur le mécanisme de l'hémolyse par le venin de Scolopendre :

Page 1327, ligne 7, *au lieu de* insoluble, *lire* isolable.

 Librairie GAUTHIER-VILLARS et Cie, 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS

Réimpressions :

CHAPPUIS (J.), Agrégé, Docteur ès Sciences, Professeur de Physique générale à l'École Centrale, et
BERGET (A.), Docteur ès Sciences, attaché au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne

Leçons de Physique générale

Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures et complété suivant le programme du Certificat de physique générale

4 volumes in-8 (25-16), se vendant séparément :

TOME I : *Instruments de mesure. Pesanteur. Elasticité. Statique des liquides et des gaz.* 3e édition entièrement refondue, par J. CHAPPUIS et M. LAMOTTE. Volume de XII-692 pages, avec 309 figures ; 1924........ 50 fr.

FÖPPL (Aug.), Professeur à l'Université de Munich.

Résistance des matériaux et éléments de la théorie mathématique de l'Elasticité

Traduit de l'allemand par E. HAHN, Ingénieur diplômé de l'École Polytechnique de Zurich

Un volume in-8 (25-16) de 490 pages, avec 74 figures, 3e tirage ; 1923........ 30 fr.

†POINCARÉ (H.), Membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie Française.

Thermodynamique

Rédaction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

Un volume in-8 (25-16) de 458 pages, 2e édition, revue et corrigée. Nouveau tirage; 1923........ 32 fr

†POINCARÉ (H.), Membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie Française.

Calcul des Probabilités

Rédaction de A. QUIQUET, Ancien Élève de l'École Normale supérieure

Un volume in-8 (25-16) de 336 pages, 1912, (nouveau tirage) ; 1923........ 24 fr.

LA VALLÉE-POUSSIN (Ch. J. de), Professeur à l'Université de Louvain. Membre de l'Académie Royale de Belgique. Correspondant de l'Institut de France.

Cours d'Analyse infinitésimale.

TOME I

Un volume in-8 (25-16) de 320 pages ; 1923........ 40 fr.

GOURSAT (E.), Professeur à la Faculté des Sciences.

Cours d'Analyse*

de la Faculté des Sciences de Paris

3 volumes in-8 (25-16), se vendant séparément.

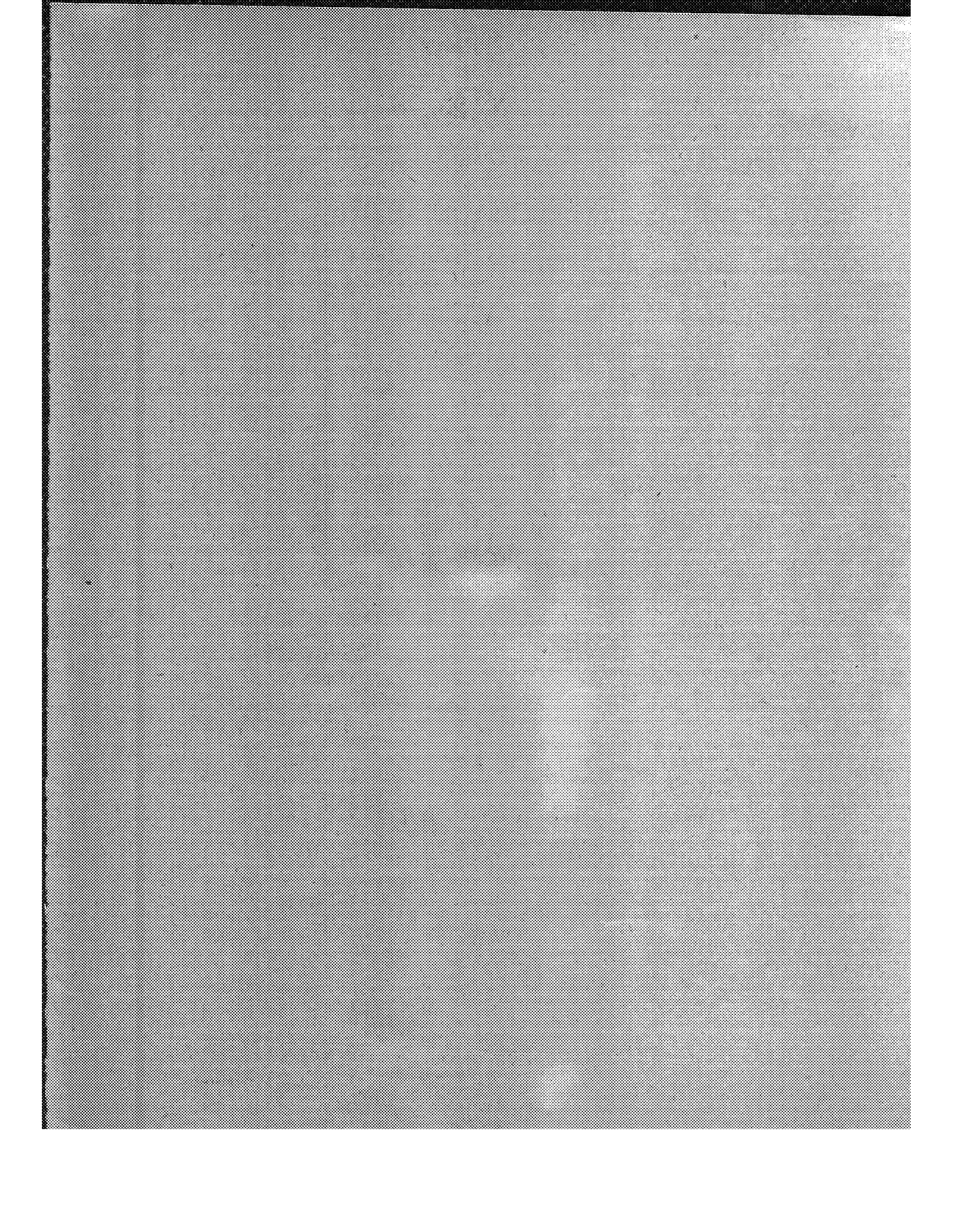
TOME I : *Dérivées et différentielles. Intégrales definies. Développements en série. Applications géométriques ;* 3e édition revue et augmentée. Volume de 674 pages, avec 44 figures ; 1924........ 60 fr.

TOME III : *Intégrales infiniment voisines. Équations aux dérivées partielles du second ordre. Equations intégrales. Calcul des variations* ; 3e édition entièrement refondue ; 1923........ 60 fr.

Précédemment paru :

TOME II : *Théorie des fonctions analytiques. Équations différentielles.* 3e édition entièrement refondue. Volume de VI-648 pages, avec 39 figures ; 1918........ 48 fr.

AVIS — Des notices détaillées sur les Ouvrages marqués d'une astérisque (*) seront envoyées gratuitement sur demande



N° 25.

TABLE DES ARTICLES.

(Séance publique annuelle du 17 Décembre 1923.)

Allocution de M. Albin Haller 1345

Prix et subventions attribués en 1923 : Rapports 1381

Tableau des prix et subventions attribués 1425

Errata 1428

3785 — 12-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie
Quai des Grands-Augustins, 55

Le Gérant : E. Thouzellier.

1923
DEUXIÈME SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME 177.

N° 26 (26 Décembre 1923).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55.

1923.

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LES SÉANCES DES 23 JUIN 1862 ET 24 MAI 1875.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y a deux volumes par année.

ARTICLE 1er. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus 6 pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de 50 pages par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les 50 pages accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus 4 pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de 32 pages par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne préjudicie en rien au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de leur discussion.

Les Programmes des prix proposés par l'Académie sont imprimés dans les *Comptes rendus*, mais les Rapports relatifs aux prix décernés ne le sont qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en Séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Mémoires lus ou présentés par des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie peuvent être l'objet d'une analyse ou d'un résumé qui ne dépasse pas 3 pages.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Dans le cas exceptionnel où des figures seraient autorisées, l'espace occupé par ces figures comptera pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un Rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le Samedi qui précède la séance avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 26 DÉCEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes du nouvel an, la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 2 janvier 1924 au lieu du lundi 31 décembre 1923.

PHYSIQUE. — *Laboratoire Ampère d'essais à* 1 000 000 *de volts.* Note [1] de M. **d'Arsonval**.

Sous le nom de Laboratoire Ampère nous venons d'installer, à Paris, un laboratoire moderne d'études, qui, le premier en Europe, permettra d'effectuer jusqu'à la tension de un million de volts divers essais électriques. En voici la description sommaire :

Le bâtiment, de 18^m de hauteur sous ferme, 20^m de largeur et 36^m de longueur, a été prévu sans aucune fenêtre, l'obscurité complète étant indispensable pour l'observation des moindres aigrettes lumineuses.

Le matériel électrique comprend, outre un poste de transformation de 200 kilovolts-ampères, 5000/200 volts, 50 périodes fournissant l'énergie : un groupe convertisseur, trois transformateurs monophasés à très haute tension et un pupitre de commande et réglage des appareils.

Le groupe convertisseur est constitué par un moteur 200 volts, 50 périodes d'une puissance unihoraire de 190 HP à 750 tours par minute, accouplé en bout d'arbre avec un alternateur 500 volts 50 périodes.

On a pris un moteur synchrone, car il est indispensable que la fréquence

---

[1] Séance du 10 décembre 1923.

du courant de l'alternateur soit constante au cours des essais. Le démarrage de ce moteur qui s'effectue en asynchrone sous tension réduite, le rotor étant court-circuité sur lui-même, a lieu avec la plus grande facilité.

L'alternateur a été construit de manière à donner un courant dont la courbe de tension ne diffère pas de la sinusoïde de plus de 2 pour 100. A cet effet il a été muni d'amortisseurs consistant en une cage d'écureuil dont les barreaux sont logés dans les encoches des épanouissements polaires. Les six extrémités des enroulements du stator sont sorties, de sorte que l'on peut soit n'utiliser qu'une phase, soit, si l'on emploie le courant triphasé, faire les connexions en étoile ou en triangle. Le réglage de la tension se fait au moyen d'un rhéostat à un très grand nombre de plots, branché sur l'excitation de l'alternateur et non sur l'excitation de l'excitatrice qui est commune au moteur et à l'alternateur.

La partie la plus intéressante de l'installation est constituée par un groupe de trois transformateurs monophasés dans l'air à refroidissement naturel du type Haefely. Ce type a été adopté de préférence au type dit « dans l'huile » pour les raisons suivantes : poids beaucoup moins élevé à tension et puissance égale, grosses facilités de démontages et de surveillance.

Les parties actives des trois transformateurs sont absolument identiques, ce sont des auto-transformateurs munis d'enroulements de compensation réduisant notablement la dispersion, l'isolement entre enroulements étant obtenu par un matelas d'air compris entre deux cylindres isolants.

Chaque appareil $\frac{500}{375000}$ volts, 50 périodes a une puissance de 125 kv-A.

Le point milieu du bobinage étant relié à la masse, la partie active est isolée par rapport au sol au moyen de cylindres en haefelyte pour une tension minima moyenne arithmétique entre les tensions d'entrée et de sortie du secondaire; ce qui fait que, montés sur leurs socles isolants, les transformateurs ont respectivement des hauteurs de $5^m,35$, $6^m,35$ et $8^m,55$, la partie active de chacun n'ayant que $3^m,50$ de haut.

Ces appareils peuvent soit être employés individuellement et donner 125 kv-A à 375000 volts, soit branchés en parallèle si l'on veut une puissance double ou triple; mais deux autres modes de couplage en cascade et en étoile sont particulièrement intéressants.

Le premier transformateur étant excité au moyen d'un courant monophasé de l'alternateur et les suivants au moyen de quelques spires du précédent, on obtient des tensions pouvant aller jusqu'à 1000000 de volts efficaces entre un pôle et la terre, soit 1400000 volts de crête.

En utilisant au contraire les trois phases de l'alternateur pour alimenter

les trois transformateurs, le point neutre du primaire étant relié à la terre, on obtient du courant triphasé à une tension de 660000 volts entre phases; il est ainsi possible d'essayer les lignes triphasées les plus modernes, construites pour les transports de force à 220000 volts avec un coefficient de sécurité égal à trois.

Cette expérience peut être réalisée au laboratoire Ampère, un tronçon de ligne de 130^m de longueur ayant été monté et la sortie des conducteurs en dehors du bâtiment s'effectuant par une large baie carrée de 12^m de côté, normalement fermée par un rideau métallique.

Le pupitre de commande comporte outre les appareils de mesure : voltmètre, ampèremètre, fréquencemètre et wattmètre branchés sur chaque circuit et les volants des rhéostats de réglage et des disjoncteurs de sécurité; un thermomètre, un baromètre et un hygromètre qui permettent de faire subir à la courbe de Peek donnant la différence de potentiel en fonction de la distance d'éclatement de l'arc entre deux sphères de rayon déterminé, les corrections dues aux conditions atmosphériques du moment.

La mesure de ces très hautes tensions se fait en effet en mesurant expérimentalement le rapport de transformation dans les conditions de l'expérience au moyen d'un éclateur à boules branché sur le secondaire et d'un voltmètre de précision branché sur le primaire. Suivant l'ordre des tensions à mesurer, on emploie des sphères de 0^m,25, 0^m,50 ou 1^m de diamètre.

Enfin le laboratoire Ampère possède une installation permettant de faire des essais de contournement de chaînes d'isolateurs sous pluie artificielle et une vaste cuve de 3^m de profondeur remplie d'huile a été montée dans le laboratoire pour les expériences de perforation.

BOTANIQUE. — *Les Cytinus de Madagascar.* Note [1] de M. **Henri Jumelle.**

Deux représentants de ce curieux genre de Phanérogames parasites qu'est le genre *Cytinus* sont déjà connus à Madagascar.

Baker en 1888 a décrit un *Cytinus Baroni* trouvé par Baron sur les branches d'un *Dicoryphe*, à 30 milles environ à l'est de Mandritsara; et, puisque nous avons l'occasion de citer cette espèce, nous en profitons pour signaler que ce même *Cytinus* à fleurs blanches a été de nouveau récolté en novembre 1912 par M. Perrier de la Bâthie, sur les branches d'un arbre

[1] Séance du 10 décembre 1923.

qui semblait être une Rubiacée, à 400^m d'altitude, dans les environs de la baie d'Antongil [1].

La seconde espèce de *Cytinus* malgaches est le *Cytinus malagasicus* dont nous avons donné la diagnose en 1915 [2], et que M. Perrier de la Bâthie avait recueilli encore dans l'Est, dans la forêt d'Analamazaotra, où il poussait sur les racines d'un *Dombeya laurifolia*.

La troisième espèce que M. Perrier de la Bâthie a découverte en décembre 1922 dans le Centre, sur le Tsaratanana, à 1700^m d'altitude, et que nous nommerons *Cytinus glandulosus*, contribuera à rendre encore moins homogène un genre qui, malgré son nombre restreint d'espèces, est déjà fort disparate.

Baker, en effet, en 1888, pour les six espèces qu'il connaissait alors, avait cru devoir établir quatre sous-genres : *Eucytinus*, avec la seule espèce *Cytinus Hypocistis*, de la région méditerranéenne, épirhizoïde, pourvue d'une tige, à périanthe tétramère; *Hypolepis*, avec la seule espèce sud-africaine *Cytinus dioicus*, encore épirhizoïde, avec tige, et à périanthe hexamère; *Bdallophyton*, comprenant trois épirhizoïdes mexicains, à 4 à 9 segments périanthiques; et *Botryocytinus* avec l'espèce *Cytinus Baroni*, épiphytoïde, acaule et à périanthe hexamère.

Si, dans la suite, notre *Cytinus malagasicus* a pu, sans trop de peine, rentrer dans la section *Hypolepis*, nous ne voyons pas, par contre, où peut se placer exactement le *Cytinus capensis* de l'Afrique du Sud, très brièvement décrit en 1892 par M. Marloth, mais qui est, en tout cas, un épirhizoïde dioïque, à tige, avec périanthe tétramère, voisin, par conséquent, du *Cytinus* méditerranéen (*Eucytinus*), mais s'en éloignant par sa diœcie. Faut-il, pour cette huitième espèce, créer un cinquième sous-genre, comme il faudrait en créer un sixième pour le *Cytinus glandulosus*, qui est parasite à la fois de racines et de tige, est acaule et à périanthe pentamère?

Sur les *Croton* où il vit, dans les endroits humides des sous-bois herbacés du Tsaratanana, ce *Cytinus glandulosus*, qui est dioïque, émerge des racines et de la base du tronc de la plante-hôte sous forme d'un gros glomérule

---

[1] Nous avons identifié sans hésitation ce *Cytinus* de la baie d'Antongil avec le *Cytinus Baroni* quoique sa colonne staminale ne porte que 9 à 11 étamines, et non, comme le dit Baker, une vingtaine et plus; mais il est évident, d'après les figures qui accompagnent le texte anglais, que Baker a considéré comme étamines des demi-anthères.

[2] H. Jumelle et H. Perrier de la Bathie, *Nouvelles Notes biologiques sur la Flore malgache* (*Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, 1915).

conique, de 15 à 20^{cm} de hauteur et 1^{cm},5 à 2^{cm} de largeur à la base, et 10 à 15^{cm} au sommet. Ce glomérule brunâtre est composé de 5 à 15 grosses fleurs de 7^{cm} environ de longueur. Extérieurement, de nombreuses bractées larges, arrondies au sommet, plus grandes vers l'intérieur, forment un involucre général. Les bractées externes sont glabres ou à peu près; les bractées internes portent au sommet, dans la partie non recouverte par les bractées plus externes, des poils semblables à ceux qui couvrent plus abondamment les bractées florales et les pièces périanthiques.

Chaque fleur, en effet, est entourée de trois ou quatre bractées inégales, mais toutes plus allongées et moins larges que celles de l'involucre général, et seulement obtuses au sommet. Les poils que portent ces bractées sont des poils massifs, la plupart capités, surmontant des émergences qui rendent verruqueuses les surfaces qui en sont couvertes. Certains de ces poils, à pied large, sont plus ou moins longuement bifurqués, et même parfois trifurqués, chaque branche étant capitée. Ils sont sans doute tannifères, quoique nous n'ayons pu le constater avec certitude sur les échantillons, conservés dans l'eau formolée, puis dans l'alcool, que nous avons examinés. Très abondants sur le *Cytinus glandulosus*, ces poils ne sont, d'ailleurs, pas particuliers à cette espèce; nous les avons vus encore notamment sur les parois des cavités que forment les pièces périanthiques en se reliant à la base de la colonne staminale, chez le *C. Baroni*, et ce sont probablement des poils analogues que figure M. Marloth sur les sépales du *C. capensis*.

Les fleurs du *C. glandulosus* sont à cinq pièces périanthiques soudées avec l'ovaire et reliées en outre avec le sommet de cet ovaire et la base de la colonne centrale par cinq bandelettes correspondant aux bords repliés des sépales. Ces cinq sépales, avons-nous dit, sont abondamment revêtus des mêmes poils que ceux des bractées.

Dans la fleur mâle, la colonne staminale centrale a 17 à 20^{mm} de hauteur et une épaisseur de 15^{mm} environ ; elle est surmontée par la partie plus large (2^{cm} de hauteur et 3^{cm} de largeur) et en forme de dôme que recouvrent les anthères. Celle-ci, à pollen en tétrades, sont au nombre de 10 à 12 ; chacune se continue par un prolongement connectival court, mais très épais, arrondi, rendu verruqueux par les émergences des poils qu'il porte. Au centre de l'anneau formé par ces connectifs est un gros stigmate rudimentaire globuleux et également verruqueux. A la base de la colonne staminale, au niveau où se terminent les cinq bandelettes, est une légère cupule à bords irrégulièrement dentelés, dont les dents se terminent par les mêmes

poils capités, qui sont ici particulièrement gros, et qu'on retrouve à la base de la colonne staminale.

Dans la fleur femelle, l'ovaire globuleux présente intérieurement 10 à 13 placentas qui forment des cloisons incomplètes garnies de très nombreux ovules. La colonne centrale correspond à un style épais, dont l'épaisseur cependant est nettement moindre (10^{mm} environ) que celle de la colonne staminale; bien moindre aussi (11 à 12^{mm} de hauteur et de largeur) est l'épaississement terminal arrondi, qui est ici une tête stigmatique à surface marquée de légers sillons longitudinaux se prolongeant intérieurement en autant de rayons, bien nets sur une section transversale du stigmate. A la base de la colonne stylaire, la cupule à bords laciniés est plus réduite que celle de la fleur mâle.

Le fruit mûr, dont l'intérieur est incomplètement divisé par les mêmes cloisons que celles de l'ovaire, contient de très nombreuses petites graines. Il est, comme les bractées involucrales, d'après M. Perrier de la Bâthie, sans mauvais goût et surtout aqueux.

Il ne nous semble pas que, biologiquement, malgré la présence de ses inflorescences à la fois sur les racines et sur le tronc de l'hôte, le *Cytinus glandulosus* soit à éloigner des *Cytinus* ordinaires, ni même qu'il faille vraiment le considérer comme intermédiaire, à ce point de vue, entre ces *Cytinus* épirhizoïdes et le *Cytinus Baroni* épiphytoïde. Il n'y a rien de surprenant à ce que le « thalle » qui a envahi les racines ne se soit pas, en s'allongeant, nettement arrêté à la limite de ces racines et du tronc et se soit un peu étendu dans la région inférieure de ce tronc; et c'est simplement ainsi qu'il faut, selon nous, interpréter la présence d'inflorescences sur la partie basilaire de la tige.

Mais c'est morphologiquement, par la pentamérie de son périanthe, que notre nouvelle espèce pourrait justifier la création d'un sous-genre qui serait le sixième si l'on voulait tenir compte de tous les caractères utilisés par Baker. Nous sommes toutefois plutôt d'avis de rétablir le genre *Bdallophyton* avec ses trois espèces mexicaines, comme l'ont déjà fait antérieurement d'autres auteurs, et de répartir les six espèces restantes, et aujourd'hui connues, du genre *Cytinus* en trois sous-genres seulement, d'après uniquement le nombre des pièces périanthiques. Ces trois sous-genres seraient alors : *Eucytinus*, tétramères, avec le *Cytinus Hypocistis* et le *Cytinus capensis; Pentacytinus*, pentamère, avec le *Cytinus glandulosus*; et *Hypolepis* hexamères, avec le *Cytinus dioicus* et le *Cytinus malagasicus*, à tige et épirhizoïdes, et le *Cytinus Baroni*, acaule et épiphytoïde.

Cette dernière espèce reste bien distincte de toutes les autres par son mode de vie ; cependant aucun de ses caractères végétatifs ou floraux ne permet absolument de la séparer du genre *Cytinus* tel qu'il est actuellement compris.

PLIS CACHETÉS.

M. **Gandillot** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 6 août 1923 et inscrit sous le n° 9209.

Ce pli, ouvert en séance par le Président, contient une Note intitulée : *Énergies et masse.*

CORRESPONDANCE.

La **Société de l'École de recherches et de perfectionnements industriels** adresse son rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

MM. **Paul Boucherot**, **Léon Guillet**, **Jean Rey** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la division des applications de la science à l'industrie par le décès de M. *M. Leblanc.*

MM. **J. Basset**, **E. Friedel**, **G. Grandidier**, **Armand Lambert**, **P. Mahler**, **Ch. Marie**, **Emile Nicolas**, **Georges Perrier**, **C. Pierre**, la **Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil.*

M. **Michel Samsoen** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Le Chatelier.*

MM. **Wolf-Maurice Stern** et **Stanislas Millot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Exposition nationale coloniale de Marseille* (1922), décrite par ses Auteurs;

2° *Inauguration du monument S. Arloing à l'École nationale vétérinaire de Lyon* (6 mai 1923);

3° *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie.* Rapport général présenté au nom de la Commission permanente du Comité international pour l'année 1922.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse des réactions photochimiques sous l'action d'une lumière dont l'intensité est périodique.* Note [1] de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

L'expérience montre que la vitesse des réactions photochimiques, provoquées par l'action des sources de lumière continue et de lumière dont l'intensité est périodique, est la même, si la quantité d'énergie absorbée pendant une période de variation de la lumière est égale dans les deux cas. Cette proposition est connue dans l'optique physiologique sous le nom de loi de Talbot.

Dans nos travaux [2] nous avons donné la démonstration de cette loi, en supposant que la concentration des produits de la réaction et la période des variations de la lumière sont très petites.

Dans les travaux suivants [3] nous avons généralisé notre démonstration, en supposant que l'intensité de la lumière n'est pas petite et que la lumière commence et cesse d'agir instantanément.

Pour déduire cette loi de propositions encore plus générales, nous supposons que les réactions photosensibles se composent de deux réactions distinctes : d'une réaction photochimique pure et d'une réaction thermique. La réaction photochimique dont la vitesse v_1 doit être proportionnelle à

(1) Séance du 10 décembre 1923.

(2) P. Lasareff, *Journ. de la Soc. phys.-chim. russe* (partie physique), t. 47, 1915 (en russe); *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation* (Moscou, 1918).

(3) P. Lasareff, *Journ. de la Soc. phys.-chim. russe* (partie chimique), t. 47, 1915, p. 958.

l'énergie lumineuse absorbée par la substance photosensible

$$v_1 = \alpha_1 J(1 - e^{-KC}) \quad (^1);$$

C est la concentration de la substance photosensible, α une constante, K le coefficient de l'absorption, J l'intensité de la lumière (J est une fonction périodique de t).

Cette vitesse peut être écrite sous la forme encore plus générale

$$v_1 = J\varphi(C),$$

où $\varphi(C)$ est une fonction déterminée de C.

La réaction photochimique pure peut être accompagnée par une réaction thermique; la vitesse de cette réaction doit être une fonction de $C[\psi(C)]$.

La vitesse de ces deux réactions égale à $-\frac{dC}{dt}$ peut être écrite ainsi :

$$-\frac{dC}{dt} = J\varphi(C) - \psi(C).$$

Les travaux de Cauchy (²) et de Boltzmann (³) ont démontré que l'intégrale de toute équation différentielle de la forme

$$y^n + X_1\varphi_1(y, y', y'', \ldots) + \ldots = 0$$

[où $y^n, y^{n-1}, \ldots, y'$ sont des dérivées d'ordre $n, (n-1)\ldots 1$; et X_1 est une fonction périodique dont la période est infiniment petite] doit être égale à l'intégrale de la même équation avec les coefficients X'_1 constants, si ces coefficients $X'_1 = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau X_1\,dt$ (τ est la période).

Si nous avons, dans notre cas de la réaction photochimique, la période de J infiniment petite, nous pouvons, au lieu de J, substituer $J_0 = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau J\,dt$, et nous voyons que l'équation avec un coefficient constant

$$-\frac{dC}{dt} = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau J\,dt\,\varphi(C) - \psi(C)\ldots, \tag{1}$$

(¹) Voir P. LASAREFF, *Ann. d. Physik*, t. 24, 1907, p. 661; *La décoloration des pigments* [Moscou, 1911 (en russe)]; *Photochimie générale*, p. 1 et 45 [Pétrograd, 1919 (en russe)].

(²) A. CAUCHY, *Œuvres complètes*, t. 12, p. 329 (Paris, 1908).

(³) L. BOLTZMANN, *Wissensch. Abhandl.*, t. 1, p. 43 (Leipzig, 1909).

ou l'équation

$$-\frac{dC}{dt}=J_0\varphi(C)-\psi(C)\ldots \tag{2}$$

ont la même intégrale que l'équation avec un coefficient périodique

$$-\frac{dC}{dt}=J\varphi(C)-\psi(C).$$

Nous voyons que la loi de Talbot se déduit aisément de l'équation de la cinétique photochimique, et cette loi doit être satisfaite si les périodes de la lumière sont infiniment petites (en pratique très petites).

On peut facilement calculer la variation de C au cours de la réaction photochimique irréversible, dont l'équation de vitesse est la suivante :

$$-\frac{dC}{dt}=\alpha_1 KJ_0(1-\sin 2\pi Nt).C.$$

L'intégrale de cette équation est

$$C=C_0 e^{-\alpha_1 KJ_0 t}.e^{\frac{(1-\cos 2\pi Nt)\alpha_1 KJ_0}{2\pi N}}.$$

Si la fréquence N est très grande, l'expression $\frac{(1-\cos 2\pi Nt)\alpha_1 KJ_0}{2\pi N}$ est très petite et nous voyons que les vitesses de la réaction sous l'action de la lumière continue et de la lumière périodique sont égales si les conditions de la loi de Talbot sont satisfaites.

Nous avons exécuté dans notre laboratoire une série d'expériences sur les matières colorantes montrant une réaction photochimique et nous avons trouvé une confirmation complète de la loi de Talbot.

On peut conclure que la loi de Talbot peut être envisagée comme une loi exacte et doit être satisfaite pour les procédés de la vision, dont la nature photochimique a été établie par nos recherches. Les expériences les plus précises exécutées au sujet de la vision colorée ont montré que la loi de Talbot est exacte. Nous avons démontré aussi avec une erreur possible de 5 pour 100 que cette loi est exacte dans la vision périphérique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Fixation de molécules non saturées par des métaux issus de leurs organométalliques*. Note de MM. **André Job** et **René Reich**, transmise par M. Moureu.

Nous avons décrit il y a quelque temps (¹) une préparation de l'iodure de fer éthyle par l'action de l'iodure ferreux sur l'organozincique mixte. La solution de l'organoferreux ainsi obtenue, abandonnée à elle-même, laisse à la longue déposer sur les parois du vase un miroir métallique; en même temps on constate un dégagement gazeux. Nous nous sommes préoccupés du mécanisme de cette décomposition et aussi des propriétés du dépôt solide obtenu.

Le gaz dégagé est un mélange d'éthylène et d'éthane. Cette apparition du carbure non saturé est un caractère général de la décomposition des organométalliques de la série grasse. On peut peut-être en trouver l'interprétation si l'on se reporte à une observation ancienne de Wanklyn. Il a fait réagir l'iodure ferreux sur le zinc diéthyle. Dans ces conditions il ne pouvait obtenir qu'un organométallique complet insaisissable à cause de sa grande instabilité. Mais, observant le dégagement gazeux, composé d'éthylène et d'éthane, il signale qu'à basse température la dose relative d'éthylène s'accroît et que l'hydrogène manquant se retrouve sur le métal. Il paraît donc vraisemblable qu'à la température ordinaire il se fait d'abord transitoirement un organométallique complet $Fe(C^2H^5)^2$, très instable; il évolue rapidement en donnant d'abord $FeH^2 + 2C^2H^4$; mais FeH^2 lui-même agit aussiôt comme hydrogénant et transforme en éthane une quantité d'éthylène qui, à la température ordinaire, va jusqu'à la moitié. Il reste finalement du fer métallique. Dans nos expériences, nous supposons qu'un mécanisme analogue a pu jouer suivant les formules

$$2C^2H^5FeI \rightarrow (C^2H^5)^2Fe + FeI^2 \rightarrow 2C^2H^4 + FeH^2 + FeI^2$$
$$\rightarrow C^2H^4 + C^2H^6 + Fe + FeI^2.$$

Nous exposerons dans un Mémoire détaillé les mesures qui tendent à vérifier cette hypothèse.

Un fait qualitatif vient la confirmer. C'est que le dépôt métallique qu'on recueille (²) présente une extraordinaire sensibilité vis-à-vis de l'oxygène

(¹) A. Job et R. Reich, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1358.

(²) C'est un produit noir qui renferme toujours des impuretés, constituées probablement par de l'iodoéthylate de fer.

de l'air; dès qu'il prend contact avec l'air, il devient incandescent. En outre, il réagit sur l'eau à froid en dégageant de l'hydrogène. Du point de vue pratique, un tel métal très divisé et réduit à basse température nous a paru intéressant pour toutes les réactions catalytiques qu'on pouvait en attendre. Nous avons obtenu beaucoup plus rapidement ce même produit actif en faisant réagir l'iodure ferreux sur C^2H^5MgBr, et cela nous a suggéré aussitôt l'idée de préparer de même les formes actives des métaux voisins du fer : nickel, cobalt, chrome, manganèse. Cette fois nous avons vu qu'une partie seulement du métal se précipite, l'autre partie restant en solution colloïdale.

La réaction avec les organomagnésiens phénylés étant plus ménagée, nous avons pensé obtenir ainsi des solutions plus stables; en effet le dépôt métallique y est d'abord à peine sensible, et ces solutions qui sont très foncées se sont montrées extraordinairement actives vis-à-vis d'un certain nombre de molécules incomplètes : CO, NO, C^2H^4, C^2H^2 et de l'hydrogène lui-même (1).

Une publication toute récente de Schlenk et Weichselfelder (2) indique précisément cette réaction de l'hydrogène et la formation d'un hydrure de nickel. Ceci nous oblige à décrire dès à présent les résultats qualitatifs que nous avons obtenus.

Préparation de métaux carbonyles. — On prend 50^{cm^3} d'une solution éthérée de C^6H^5MgBr, à 2 molécules-grammes par litre, soit $\frac{1}{10}$ de molécule; on y ajoute 50^{cm^3} de benzine anhydre afin de rendre les éthérates de Mg.BrCl solubles dans le milieu, et l'on introduit dans le flacon une ampoule scellée renfermant un excès de $NiCl^2$ anhydre et finement pulvérisé ($\frac{1}{10}$ de molécule au lieu de $\frac{1}{20}$ théoriquement nécessaire). On agite violemment dans une atmosphère d'azote pendant environ une heure. On met alors en communication avec un gazomètre fournissant du CO pur et sec. On constate une absorption extrêmement rapide; en 5 minutes on a fixé déjà la moitié de l'oxyde de carbone nécessaire pour transformer en nickel carbonyle, $Ni(CO)^4$, tout le nickel entré en solution; en une heure on en a fixé les trois quarts et après 4 ou 5 heures on atteint la quantité théorique. C'est là une méthode de préparation commode pour obtenir à froid des métaux carbonyles déjà connus; nous l'appliquons dès maintenant à la

(1) Nous croyons et nous pensons vérifier que ces solutions contiennent des organométalliques phénylés instables qui donnent peu à peu naissance au métal.

(2) *Berichte*, t. 56, novembre 1923, p. 2230.

recherche de nouveaux métaux carbonyles, notamment du chrome carbonyle.

Préparation de métaux nitrosyles. — Une solution de nickel préparée comme ci-dessus absorde le nitrosyle, mais moins rapidement que l'oxyde de carbone, en donnant des solutions éthérées d'un bleu vert. On tend à fixer 2^{mol} de NO par atome de nickel en solution et l'on doit obtenir ainsi le corps déjà signalé par Mond et Wallis. Nous nous préoccupons d'étendre cette méthode à d'autres métaux. Les expériences de Sabatier sur les métaux nitrés font prévoir aussi des préparations analogues avec NO^2.

Préparation de métaux éthylènes. — L'éthylène est pareillement absorbé par la solution de nickel, à raison de 2^{mol} environ par atome de nickel.

L'éthylène ne réagissant pas sur le magnésien, on peut cette fois employer un excès de ce dernier réactif et créer la solution active de nickel directement dans une atmosphère d'éthylène. La solution obtenue est d'un rouge brun très foncé.

Préparation de métaux acétylènes. — L'expérience réalisée avec les mêmes précautions que pour l'oxyde de carbone réussit également avec l'acétylène, mais il semble cette fois que la solution absorbe 3^{mol} d'acétylène par atome de nickel.

Préparation d'hydrures métalliques. — Ici nous nous rencontrons avec Schlenk et Weichselfelder et comme eux nous avons constaté que la solution de nickel, créée directement dans une atmosphère d'hydrogène, avec un excès de magnésien, absorbe l'hydrogène très rapidement à raison de 4^{at} de ce gaz par atome de nickel. C'est ainsi que pour $1^{g},70$ de $NiCl^2$ nous avons constaté, au bout d'une heure, une absorption d'hydrogène de 470^{cm^3} au lieu de 570^{cm^3} calculés.

D'ailleurs l'activité hydrogénante de l'hydrure de nickel qui se précipite de la solution sous forme d'une poudre noire, est très grande, comme le remarquent Schlenk et Weichselfelder, et ceux-ci le considèrent avec raison comme un précieux réactif pour étudier l'hydrogénation catalytique.

Notre plan d'étude est plus général : nous avons en vue l'activation de toutes les molécules qui sont ainsi capables de se fixer sur les métaux en choisissant pour chacune d'elles le métal support le plus favorable. Les essais que nous avons en cours nous permettent d'espérer que de telles activations sont possibles. Il nous paraît vraisemblable que la grande activité des formes métalliques que nous étudions ainsi est due à ce qu'on les saisit au moment même où elles se libèrent de molécules organométalliques instables, et ceci ajoute encore, croyons-nous, à l'intérêt de ces composés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les alcools et les carbures de la cire d'abeilles.* Note de MM. **Gascard** et **G. Damoy**, transmise par M. Charles Moureu.

Dans une Note précédente, nous avons résumé les conclusions de nos recherches sur les acides de la cire d'abeilles. L'étude des alcools et des carbures nous a donné des résultats comparables.

On sait que Brodie a découvert, dans la partie insoluble de cette cire (myricine), un alcool auquel il donna le nom de *mélissique* et la formule $C^{30}H^{62}O$ (on l'appelle souvent *myricique*, réservant le nom de mélissique pour son acide d'oxydation, obtenu aussi par Brodie).

Schwalb attribua à ce même alcool la formule $C^{31}H^{64}O$, et, soupçonnant la présence, dans la cire, d'autres alcools qu'il ne put isoler, il les transforma en acides par oxydation. Il sépara ainsi un acide en C^{26} ou C^{27} et un autre en C^{24} ou C^{25}; ces acides étaient d'ailleurs impurs, d'après les points de fusion qu'il leur donne. Nous avons repris l'étude des alcools. Ils ont été obtenus en saponifiant la cire par la méthode de M. Leys, forçant la dose de potasse et prolongeant la durée de l'ébullition pour supprimer toute trace de myricine. Les alcools et les carbures se séparent, en grande partie, avec le benzène chaud, quand on ajoute l'eau.

Par refroidissement, la solution benzénique très étendue laisse déposer les alcools. Ces alcools sont séparés les uns des autres par des cristallisations fractionnées, suivant la méthode déjà utilisée pour les acides. Les dissolvants employés sont l'alcool éthylique et le benzène.

Dans certains cas, la séparation se fait mieux, en opérant sur les éthers acétiques, avec l'acétone pour dissolvant.

La pureté des alcools a été établie par la constance du point de fusion, après plusieurs cristallisations dans des dissolvants différents, et par la forme cristalline.

Les poids moléculaires ont été déterminés par l'indice de saponification des éthers acétiques, par le dosage de l'iode dans les éthers iodhydriques et par la transformation des alcools en acides correspondants [1].

Nous avons obtenu ainsi les alcools suivants :

1° $C^{25}H^{52}O$ P. F. = 75°,5. néocérylique.

2° $C^{27}H^{56}O$ P. F. = 80°. cérylique.

3° $C^{29}H^{60}O$ P. F. = 84°. montanylique.

4° $C^{31}H^{64}O$ P. F. = 87°. myricique.

---

(1) Les détails seront donnés dans une autre publication.

Le deuxième et le quatrième sont les plus abondants.

Les noms de ces alcools dérivent de ceux des acides correspondants; le premier se rattache à l'acide néocérotique; nous proposons de le nommer « néocérylique »; le deuxième est l'alcool cérylique déjà rencontré dans la cire de Chine; le troisième correspond à l'acide montanique de MM. Tropsch et Kreutzer; nous proposons pour lui le nom de « montanylique »; le quatrième est l'alcool myricique.

Carbures. — Des eaux mères de la première cristallisation des alcools, nous avons pu retirer quatre carbures, correspondant aux alcools et aux acides précédents :

1° $C^{25}H^{52}$ P. F. = 54°-54°,5. pentacosane.

2° $C^{27}H^{56}$ P. F. = 59°,2-59°,5. heptacosane.

3° $C^{29}H^{60}$ P. F. = 63°,5. nonacosane.

4° $C^{31}H^{64}$ P. F. = 68°,4-69°. hentriacontane.

Le deuxième et le quatrième ont été déjà isolés de la cire d'abeilles par Schwalb.

La nature de ces corps a été établie par leur inertie vis-à-vis de la potasse, de l'anhydride acétique et de l'iode; leur pureté, comme précédemment, par la constance du point de fusion, et la forme cristalline; leur poids moléculaire par comparaison avec les carbures préparés en partant des alcools (heptacosane et hentriacontane) ou par comparaison de leur point de fusion avec celui des carbures connus (pentacosane) ou avec la courbe des points de fusion (nonacosane).

Il est intéressant de constater dans la cire d'abeilles la présence de ces carbures, alcools, acides, se correspondant et ayant tous dans leur formule un nombre impair d'atomes de carbone.

Tous ces corps, quand ils sont purs, prennent la forme de lamelles hexagonales ou losangiques 60°-120° et non pas celle d'aiguilles. Ce fait a été signalé déjà, par l'un de nous, pour les termes élevés de la série grasse saturée [1].

---

[1] A. GASCARD, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1920, et *Annales de Chimie*, 1920.

CHIMIE MINÉRALE. — *Détermination expérimentale de la composition de l'hydrate de chlore.* Note [1] de MM. **A. Bouzat** et **L. Azinières**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les premières analyses de l'hydrate de chlore sont dues à Faraday [2] qui a proposé la formule $Cl^2.10H^2O$.

Plus tard Roozeboom [3] a conclu à la formule $Cl^2.8H^2O$.

Roozeboom et Faraday ont analysé des cristaux préparés au sein d'une solution aqueuse; or il paraît impossible, à cause de leur facile dissociation, de les obtenir exempts d'eau.

M. Villard [4] a déterminé la composition de divers hydrates de gaz en mettant en présence dans un tube scellé l'eau et le gaz liquéfié. Après sa formation, l'hydrate est mêlé non à de l'eau saturée de gaz, mais à du gaz liquéfié saturé d'eau, c'est-à-dire à l'autre phase liquide que le gaz peut former avec l'eau. On se débarrasse facilement du liquide qui baigne les cristaux en ouvrant le tube à une température pour laquelle la pression de vapeur du gaz liquéfié est supérieure à la pression atmosphérique, tandis que la pression de dissociation de l'hydrate est plus petite.

Sur ces principes, établis par M. Villard, sont basées nos expériences.

Méthode employée pour déterminer la proportion de chlore. — Le tube contenant l'hydrate surmonté de chlore liquéfié saturé d'eau est ouvert à $0°$: à cette température la pression de l'hydrate est de 250^{mm} environ [5], tandis que la pression de vapeur du chlore liquéfié est de $3^{atm},66$ [6]. Quand la phase liquide a complètement disparu, le tube qui renferme l'hydrate est plongé dans une éprouvette contenant une solution d'iodure de potassium. L'augmentation de poids de l'éprouvette fait connaître le poids total du tube et de l'hydrate. A la fin de l'expérience, le tube vide est pesé : par différence on a le poids de l'hydrate. On détermine le poids de chlore en

---

(1) Séance du 10 décembre 1923.

(2) Faraday, *Quarterly Journal of Science, Littérature and Arts*, t. 15, 1823, p. 71.

(3) Roozeboom, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, t. 3, 1884, p. 59.

(4) Villard, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 11, 1897, p. 289.

(5) Isambert, *Comptes rendus*, t. 86, 1878, p. 481. — Roozeboom, *loc. cit.* — Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 101, 1885, p. 1484.

(6) Knietsch, *Annalen der Chemie von J. Liebig*, t. 259, 1890, p. 124.

dosant l'iode mis en liberté. Du poids de l'hydrate et du poids de chlore on déduit la composition de l'hydrate.

Première série d'expériences. — Dans un tube en verre épais, contenant de 4 à 8$^{cm^3}$ d'eau et entouré d'un mélange de neige carbonique et d'acétone, on fait arriver un courant de chlore bien exempt d'acide chlorhydrique. Lorsque le volume de chlore liquide est à peu près égal à celui de la glace, on scelle le tube et on le porte dans une chambre peu éclairée. La glace fond, on agite et l'hydrate se forme aussitôt.

Le lendemain, après avoir de nouveau refroidi le tube, on pratique à sa partie supérieure une ouverture capillaire, on le maintient dans la glace fondante pendant un temps assez long pour que le liquide disparaisse, on le coupe et on plonge la partie qui renferme l'hydrate dans une éprouvette à pied pouvant être bouchée à l'émeri et contenant une solution d'iodure de potassium. L'éprouvette est pesée avant et après l'introduction du tube avec une éprouvette semblable comme tare. L'iode, mis en liberté, est dosé. Le tube de verre est lavé, séché et pesé.

Il faut tenir compte du chlore gazeux qui surmonte l'hydrate. Nous avons fait à ce sujet une correction maxima, de telle sorte que le résultat réel de nos expériences est compris entre le nombre trouvé sans correction et le nombre obtenu après correction.

Valeurs trouvées pour le nombre n de la formule $Cl^2.nH^2O$:

Sans correction....	6,84	6,24	6,79	6,14	5,66	6,41	5,88	6,71	6,40
Après correction...	6,92	6,32	6,87	6,28	5,79	6,49	5,93	6,83	6,46

Ces nombres sont voisins de 6; ils ne sont cependant pas très concordants.

Ayant constaté, au moment où nous coupions le tube, une dissociation partielle des petits cristaux étalés sur les bords, nous avons modifié la conduite de nos expériences.

Deuxième série d'expériences. — Après avoir formé l'hydrate de chlore comme il a été indiqué, on coupe le tube au-dessus du niveau du chlore liquéfié. La partie inférieure où se trouve l'hydrate et le chlore liquéfié est placée dans une éprouvette un peu plus large entourée de glace fondante. L'éprouvette est ensuite coiffée par un bouchon rodé qui se continue par un tube à dégagement dont on fait légèrement plonger l'extrémité dans l'acide sulfurique. Nous avons maintenu le tube dans l'éprouvette entourée de glace pendant des temps qui ont atteint 16 heures. L'expérience est terminée comme précédemment.

Le résultat réel doit encore être considéré comme intermédiaire entre le nombre trouvé sans correction et le nombre obtenu après correction.

Valeurs trouvées pour le nombre n de la formule $Cl^2.nH^2O$:

Sans correction.			Après correction.
Poids d'hydrate.	Poids de chlore.	Valeur de n.	Valeur de n.
10,324 g	3,840 g	6,65	6,76
10,666	4,098	6,31	6,41
12,088	4,680	6,23	6,32
7,436	2,864	6,28	6,47
8,181	3,180	6,19	6,36
7,841	3,022	6,27	6,41

On peut concevoir que les cristaux d'hydrate emprisonnent un peu d'eau non combinée, ce qui expliquerait les valeurs un peu supérieures à 6 trouvées pour n.

Mais il paraît inadmissible qu'ils retiennent au bout de 16 heures du chlore liquéfié dont la pression à 0° dépasse 3 atmosphères.

Nous croyons pouvoir conclure que, comme l'avait prévu M. Villard [1], la formule de l'hydrate de chlore est $Cl^2.6H^2O$.

Cet hydrate fait partie de la nombreuse classe d'hydrates peu stables de composition $M.6H^2O$ [2].

GÉOLOGIE. — *Le Quaternaire de la péninsule du cap Bon (Tunisie).* Note de M. **Allemand-Martin**, transmise par M. Depéret.

Le Quaternaire tunisien n'a été décrit par Aubert, dans sa *Notice explicative de la Carte géologique provisoire de la Régence*, que très sommairement et sans aucune subdivision stratigraphique : « Le cordon littoral, dit-il, est nettement supérieur au calcaire quaternaire ; il est le seul terme résistant des anciennes plages soulevées.... On suit ce cordon sur le sud de la presqu'île du cap Bon, notamment de Menzel Temine à Kourba, puis à Hammamet, où il se trouve en lambeaux isolés. »

Sur les rivages du cap Bon, l'importance de ce « cordon littoral » est en réalité beaucoup plus grande et mérite une étude détaillée. C'est surtout

---

[1] Villard, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 11, p. 381.

[2] Bouzat, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 253.

depuis les travaux de M. le général de Lamothe sur les zones à Strombes de Monastir, et depuis la classification proposée par M. Depéret [1] qu'il est possible d'en comprendre le rôle géologique. L'étude de cette péninsule, que je poursuis depuis plusieurs années, me permet d'en donner une description précise, et j'ai d'ailleurs déjà attiré l'attention sur ce point [2].

Lorsqu'on parcourt la péninsule en partant de la base du petit massif du Reba el Aïne, après le camp de Bir bou Rekba, en suivant la route de Hammamet-Nabeul-Kourba-Menzel-Temine-Kélibia, qui longe le rivage Est à très peu de distance, on remarque, de part et d'autre, dans la tranchée, l'existence d'un dépôt calcaire travertineux dur, de faible épaisseur, mais continu, qui recouvre un banc calcaire tendre, parfois friable, fossilifère, dont l'épaisseur atteint souvent plusieurs mètres ; ce calcaire, de teinte blanche, sert de base à la route et à la voie ferrée ; son altitude moyenne ne dépasse pas 18^m-20^m. Il se continue non pas seulement jusqu'à Menzel Temine, comme le dit Aubert, mais se répartit sur une distance de près de 60^{km}, et semble se terminer à Kélibia.

Ce calcaire repose généralement en discordance sur les sables Astiens, que l'érosion permet d'apercevoir sur plusieurs points, notamment sur les berges escarpées de quelques oueds (O. Zemmech, O. Krelas), près de la route, ou parfois sur le rivage même (Bit el Assa, Sillonville, grottes d'El Mamoura, Lebna, etc.). J'ai pu recueillir dans ces sables, et à son contact, une faune très intéressante où domine [3] *Amussium cristatum* de grosse taille, mais très fragile. Ces deux formations fossilifères (couches à Strombes et sables Astiens sont solidaires dans presque toute l'étendue du cap Bon). Cette formation présente une autre caractéristique, c'est d'être recouverte sur une grande étendue par un calcaire épais, tendre, à grains fins, rappelant certaines molasses siciliennes, mais pauvre en fossiles, où dominent, superficiellement, des *Helix* de petite taille et très aplatis; cette roche apparaît sous le profil très net de dunes durcies d'âge relativement récent, représentant l'ensemble de toutes les formations connues sous le nom de « panchines »; leur hauteur peut atteindre 40^m. Elles ont été activement exploitées à toutes époques comme pierres de construction. C'est dans le

---

(1) C. Depéret, *Essai d'une coordination chronologique générale du Quaternaire* (*Comptes rendus*, 1918).

(2) A. Allemand-Martin, *Aperçu sur la structure géologique de la péninsule du cap Bon* (*Comptes rendus*, 1909).

(3) Cf. *Collections Faculté de Lyon*.

calcaire sous-jacent à ces dunes anciennes que l'on trouve de beaux spécimens de *Strombus bubonius*.

Mes explorations prolongées m'ont permis de recueillir une faune comprenant une centaine d'espèces parmi lesquelles [1] : *Strombus bubonius**, *Tritonidea viverrata**; *Tritonium* (*Colubraria*) *reticularis*, *T. olearium*, *Conus guinaicus**, *C. Mediterraneus* Brug., type et var. *Vayssieri* Pallary, *Murex trunculus*, *M. brandaris*; *Cassis undulata*; *Cypræa pulex*; *Purpura hæmastoma* Lin., var. *cypræa*; *Euthria cornea*; *Lutraria lutraria*; *Trochus exasperatus*, *T. conulus*, *Bittium reticulatum*; *Kellyia complanata*, *Cerithium vulgatum*, *Patella ceruloea*, *Columbella rustica*, *Dentalium novemcostatum*, *Nassa gibbosula*, *Spheronassa mutabilis*, *Phasianella speciosa*, *Lithodomus lithophaga*, *Loripes lacteus*, *Mitra cornicula*, *Natica Dillwyni*, *N. Josephinia*, *Pectunculus violacescens*, *Cardium edule*, *C. tuberculatum*, *C. hians*, *C. papillosum*, *Cardita trapezia*, *C. antiquata*, *Tellina balaustina*, *Spondylus gœderopus*, *S. crassicosta*, *Venus gallina*, *V. fasciata*, *Mactra Largillierti**, *Haliotis lamellosa*, *Donax trunculus*, *D. semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Natica millepunctata*; *Cytherea chione*, *Arca pulchella*, *A. Noæ*, *A. lactea*, *Pecten commutatus*, *P. varius*, *P. flexuosus*, *P. maximus**, *P. opercularis*, *Pinna nobilis*, *Solen ensis*, *Modiola barbata*, *etc.*

L'examen de l'ensemble de ces espèces permet un rapprochement intéressant avec la faune recueillie par M. le général de Lamothe dans le premier niveau (18^m-20^m) de Monastir; ainsi qu'avec le premier niveau étudié par M. Gignoux [2] en Sicile, à Sferracavallo, près Palerme; la même comparaison m'a semblé pouvoir être faite avec le niveau de 20^m qu'il m'a été donné de voir près de Trapani et dans la plaine de Palerme. Ces formations calcaires, qui ne dépassent pas l'altitude de 20^m, présentent donc tous les caractères de l'étage Monastirien (Depéret), et acquièrent au cap Bon, une importance particulière, puisqu'ils forment la bordure complète de la côte est et sud de la péninsule. Toutefois, sa limite est très nettement indiquée aux environs de Kelibia; les dépôts travertineux que l'on rencontre ensuite dans l'extrême pointe (pente du massif du Cap proprement dit) ont un faciès tout différent. Le calcaire sous-jacent au travertin est de teinte rougeâtre, formé d'une très grande quantité de débris de coquilles, d'une faune plus récente, sans Strombes, mais peu déterminables; son épaisseur

---

(1) Les espèces marquées d'une * caractérisent spécialement la faune des couches à Strombes.

(2) Gignoux, *Les fonctions marines pliocènes et quaternaires de la Sicile* (*Thèses doctorat*, Lyon, 1913).

est assez considérable et il repose sur les argiles et grès tortoniens redressés, notamment sur le rivage d'El Aouaria. Il sert de base aux villages de Kélibia et d'El Aouaria et j'ai signalé son importance en décrivant les grottes d'El Aouaria (Latomies romaines) dont certaines ont une hauteur de plus de 10^m.

Enfin, en dehors de cette série calcaire, j'ai recherché, à des altitudes voisines de 30^m, l'origine de travertins assez abondants mais non fossilifères, exploités par les Arabes pour la fabrication de la chaux. En un seul point (Sillonville), jusqu'ici, j'ai pu recueillir quelques échantillons peut-être de Strombes. Nous pourrions être (au niveau 30^m) en présence du Thyrrhénien; cette étude n'est pas terminée. Quant aux grès supérieurs dépassant 250^m qui ne renferment pas de Strombes, ils représentent nettement des lambeaux de Calabrien (Gignoux).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Topinambour.* Note [1] de M. LUCIEN DANIEL, présentée par M. P.-A. Dangeard.

J'ai constaté, il y a longtemps déjà [2], l'influence réciproque qui s'exerce tant entre les plantes greffées elles-mêmes que sur leur descendance. Dans ces dernières années, j'ai montré que chez des Pommes de terre ayant fourni des tubercules aériens, l'hérédité de ce caractère s'était manifestée chez quelques exemplaires, d'une façon intermittente et irrégulière [3].

Poursuivant ce genre de recherches, j'ai, en 1921, greffé sur Soleil annuel le Topinambour et obtenu chez celui-ci de nombreux tubercules aériens, coïncidant, par une rare exception, avec la production de graines. En 1922, je semai ces graines et j'obtins 14 plantes présentant entre elles des différences de vigueur, de précocité, de forme du feuillage et de floraison; leurs tubercules variaient comme forme, couleur, distance au collet, poids et raci-

---

[1] Séance du 10 décembre 1923.

[2] LUCIEN DANIEL, *Influence du sujet sur la postérité du greffon* (*Le monde des Plantes*, 1895); *La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis* (*Ann. des Sc. nat. : Bot.*, 1898); etc.

[3] LUCIEN DANIEL, *Le greffage, sa théorie et ses applications rationnelles* (*Bulletin de la Direction des Recherches scientifiques*, Paris, 1921).

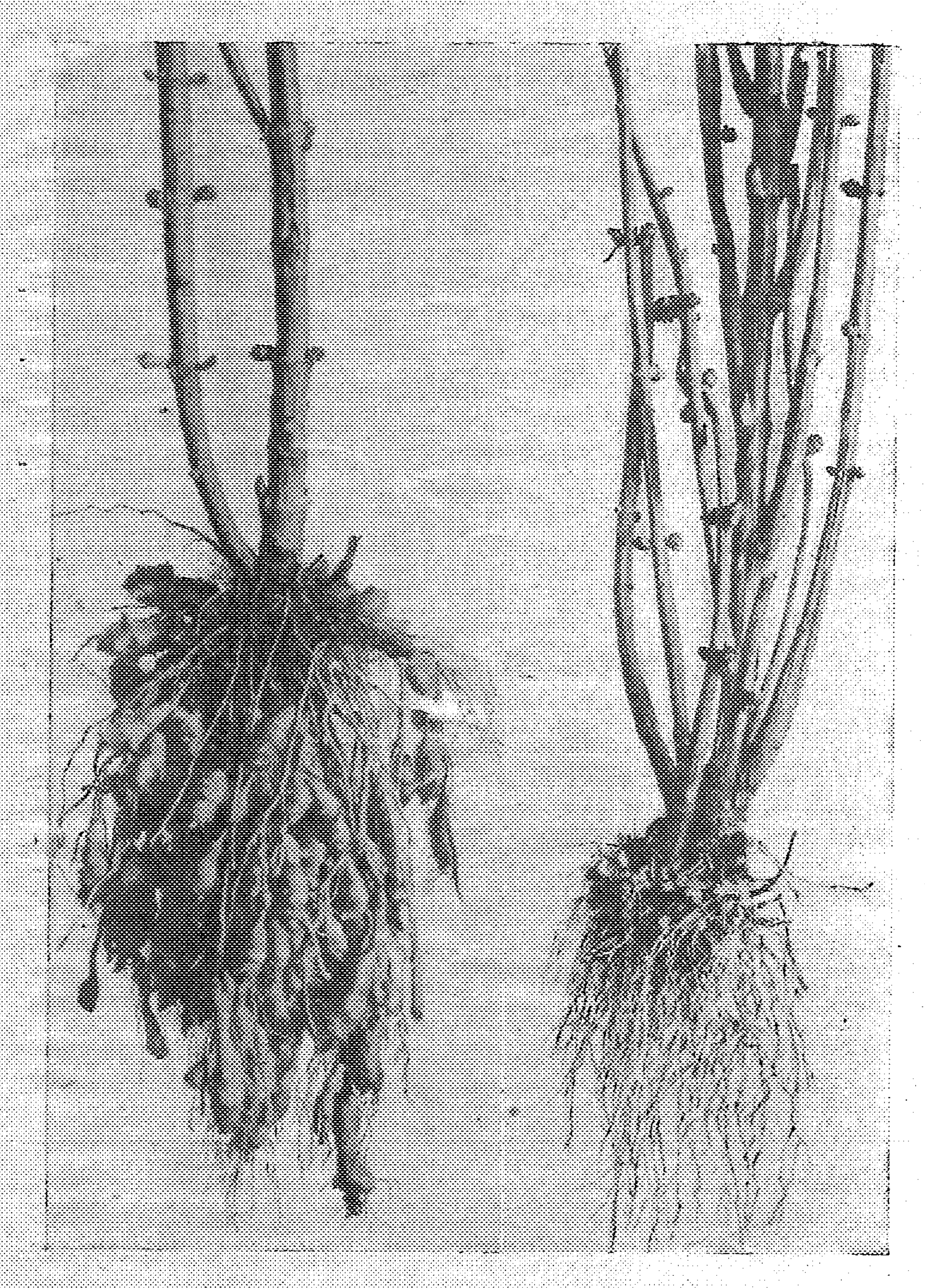


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Topinambour de semis portant 12 tubercules aériens et environ 4 kilogrammes de tubercules souterrains.

Fig. 2. — Topinambour de semis à nombreux tubercules aériens, mais présentant une tuberculisation souterraine très réduite (25 grammes).

nage. Je récoltai un peu prématurément les tubercules vers la mi-octobre; à ce moment, les tiges aériennes ne portaient aucun tubercule.

N'ayant pas de terrains suffisants à ma disposition pour planter le tout, je choisis six des variétés les plus différentes et j'en plantai quatre exemplaires de chacune au début de 1923. J'ai constaté qu'elles conservaient leurs caractères particuliers. Mais, dans la dernière quinzaine de novembre, les premières gelées firent tomber les feuilles et je trouvai sur mes Topinambours des tubercules aériens en nombre très variable chez quatre variétés quand deux autres n'en possédaient pas. On se rendra compte des différences par le tableau suivant, dans lequel figurent le nombre des tubercules aériens et les poids moyens des tubercules souterrains.

Numéros des pieds.	Nombre des tubercules aériens.					
	Série 1.	Série 2.	Série 3.	Série 4.	Série 5.	Série 6.
1............	12	2	0	0	42	2
2............	0	5	0	0	15	1
3............	0	0	0	0	18	0
4............	0	0	0	0	11	0
	4kg,500	3kg,800	4kg,100	3kg,500	25g	7kg,890
	Poids moyens des tubercules souterrains.					

Comme on le voit par ces chiffres, l'hérédité de la tuberculisation aérienne s'est effectuée d'une façon irrégulière et avec une intensité variable suivant les exemplaires. Nulle dans les séries 3 et 4, faible dans les séries 2 et 6, elle était très marquée dans l'un des exemplaires (*fig.* 1) de la série 1 et surtout dans tous les pieds de la série 5, dont l'un (*fig.* 2) portait 42 tubercules aériens. Dans cette série, la réduction de la tuberculisation souterraine et de la floraison coïncidaient avec la production intense de tubercules aériens.

Les tubercules étaient lisses et allongés dans les quatre premières séries; ils étaient pourvus d'un abondant chevelu dans les deux dernières. Courts et rugueux dans la série 5, ils étaient petits dans la série 6 et formaient une masse enchevêtrée, remontant à la surface du sol.

Ces résultats intéressent la Génétique et la pratique, car ils montrent que le greffage peut, en certains cas, servir à l'obtention de variétés nouvelles. Ils sont, et c'est là le fait le plus important, une preuve irréfutable autant que démonstrative de l'hérédité des caractères acquis. En effet, jamais jusqu'ici la tuberculisation aérienne du Topinambour n'a été constatée en dehors du greffage. Il s'agit donc bien d'une modification acquise sous

l'influence de conditions biologiques nouvelles et qui se continue, quand ces conditions sont brusquement changées, dès la première génération après le changement.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 25 juin 1923.)

Note de M. *Albert Berthelot*, Recherches sur l'acide pyruvique considéré comme facteur d'anaérobiose :

Page 1932, ligne 8, *au lieu de* les plus communs des anaérobies, *lire* les plus communs des aérobies.

(Séance du 12 novembre 1923.)

Note de M. *E.-O. Lovett*, Sur une propriété fonctionnelle de certaines surfaces :

Page 932, ligne 2, *au lieu de* $\varphi_i(u, v)$, *lire* $\varphi_i(u - v)$; ligne 5, *au lieu de* $\Phi, \xi, \eta, \ldots$ *lire* $\varphi, \xi, \eta, \ldots$; ligne 9, *au lieu de* Φ_i, *lire* φ_i.

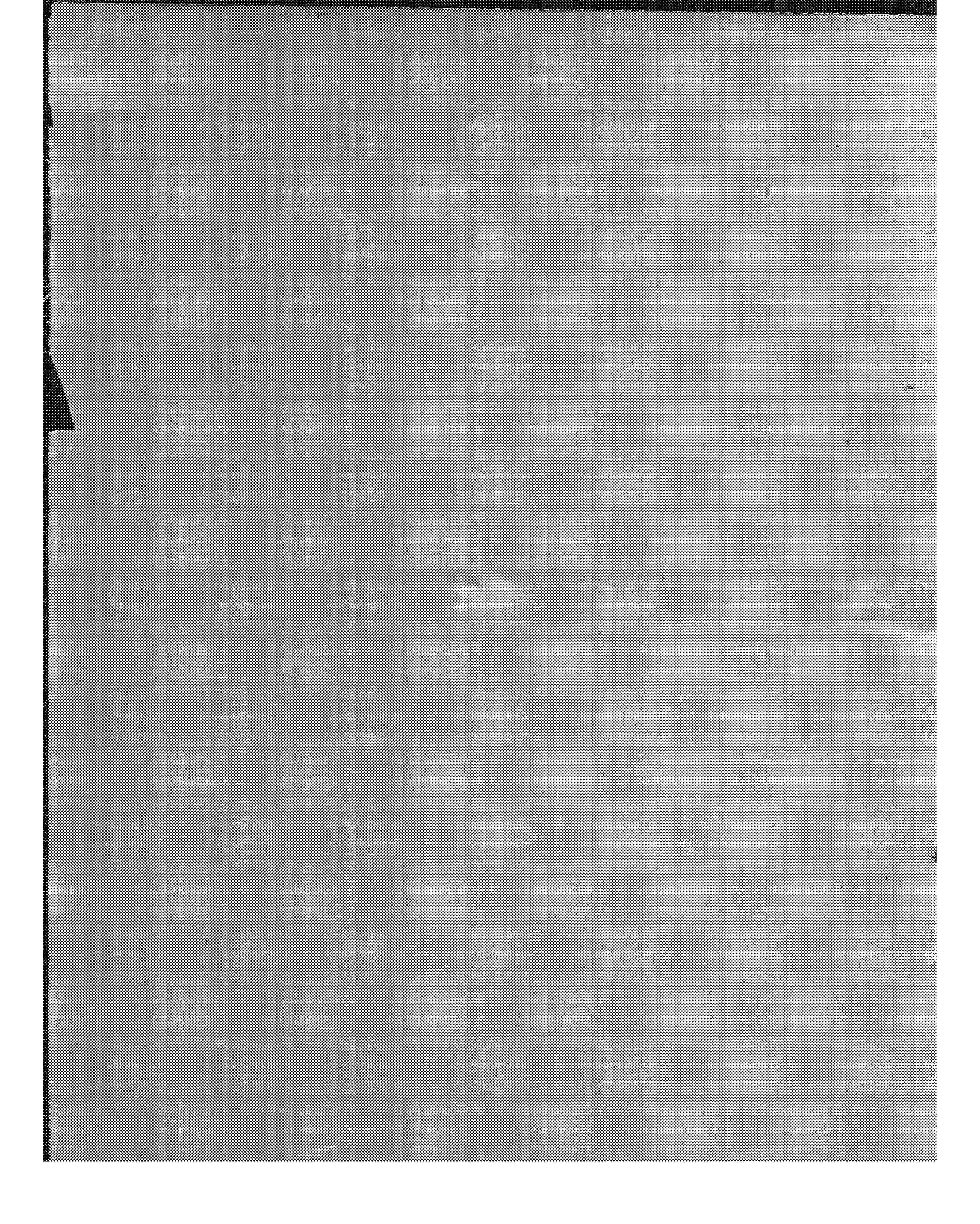
Page 933, ligne 9, *au lieu de* $f_i(w) -$, *lire* $f_i(w) =$.

(Séance du 3 décembre 1923.)

Note de M. *C. Gaudefroy*, Sur les variations de la dispersion de biréfringence dans un même cristal :

Page 1228, ligne 24, *au lieu de* les quatre axes optiques, *lire* les quatre pôles de axes optiques.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-DIX-SEPTIÈME.



N° 26.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 26 Décembre 1923)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

Pages.

M. le Président annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes du nouvel an, la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 2 janvier 1924 au lieu du lundi 31 décembre 1923 1429

M. d'Arsonval. — Laboratoire Ampère d'essais à 1000000 de volts 1429

M. Henri Jumelle. — Les *Cytinus* de Madagascar 1431

PLIS CACHETÉS.

Ouverture d'un pli cacheté contenant une note intitulée : « Énergies et masse » 143

CORRESPONDANCE.

La Société de l'École *pour* recherches et de perfectionnements industriels adresse son rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la Fondation Loutreuil 1433

MM. Paul Bruchardt, Léon Guillet, Jean Rey prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la division des applications de la science à l'industrie par le décès de M. *M. Leblanc* 1435

MM. L. Basset, E. Friedel, G. Grandidier, Armand Lambert, P. Mahler, Ch. Marie, Emile Nicolas, Georges Perrier, C. Pierre, la Fédération française des Sociétés de sciences naturelles adressent des remerciments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la Fondation Loutreuil 1435

M. Michel Samsoen adresse des remerciments pour la subvention qui lui a été accordée sur la Fondation Le Chatelier 1435

MM. Wolf, Maurice Stern et Stanislas Millot adressent des remerciments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux 1435

M. le Secrétaire perpétuel signale divers Ouvrages parmi les pièces imprimées de la Correspondance 1436

M. P. Lasareff. — Sur la vitesse des réactions photochimiques sous l'action d'une lumière dont l'intensité est périodique 1436

MM. André Job et René Reich. — Fixation de molécules non saturées par des métaux issus de leurs organométalliques 1439

MM. Gascard et G. Damoy. — Sur les alcools et les carbures de la cire d'abeilles 1441

MM. A. Bouzat et L. Azinières. — Détermination expérimentale de la composition de l'hydrate de chlore 1444

M. Allemand-Martin. — Le Quaternaire de la péninsule du cap Bon (Tunisie) 1448

M. Lucien Daniel. — Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Topinambour 1449

Errata 1452

30755 — 11-23. IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie
Quai des Grands-Augustins, 55.

Le Gérant : E. Thouzellier.